

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Návrh vhodné metody sledování spotřeby paliva
vozidel pro dopravní firmu

Suitable Method Design of Vehicles Fuel
Consumption Monitoring for Transpost Company

Student: Martin Škrabal

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Famfufík, Ph.D.

Ostrava 2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. 5. 2010

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21. 5. 2010

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Martin Škrabal

Adresa trvalého pobytu autora práce: Myslechovice 97, PSČ 78321

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠKRABAL, M. *Návrh vhodné metody sledování spotřeby paliva vozidel pro dopravní firmu*. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 58 s., vedoucí Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá problematikou sledování spotřeby paliva vozidel se vznětovými motory. V práci je provedena analýza současných metod měření spotřeby paliva vozidel. Byly popsány a porovnány jednotlivé společnosti zabývající se měřením spotřeby paliva. Pro vybranou firmu byla vybrána vhodná metoda a systém sledování spotřeby paliva s technickým a ekonomickým vyhodnocením. Na základě analýzy dostupných technologií byl vybrán vhodný systém sledování spotřeby paliva pro vybraný typ vozidla. Za nejvýhodnější řešení bylo zvoleno měření na nádrži s přídavným hladinoměrem od firmy CDS tlakovou sondou LMK 385.

ANNOTATION OF BACHELOR DISSERTATION

ŠKRABAL, M. *Suitable Method Design of Vehicles Fuel Consumption Monitoring for Transpost Company*. Ostrava: Department of transport, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 58 s., Bachelor dissertation, head Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the monitoring of fuel consumption of diesel vehicles. The current methods of measuring fuel consumption of vehicles are analyzed, companies engaged in the measurement of fuel consumption are described and compared. The suitable method and system for monitoring fuel consumption with the technical and economic evaluation was selected for one, chosen, company. A suitable system for monitoring fuel consumption for the selected type of vehicle was chosen according to analysis of available technologies. Measurement of tank with an additional level gauge from the company CDS by pressure probe LMK 385 was chosen as the best solution.

Obsah

SEZNAM ZKRATEK:	8
1 ÚVOD	9
2 ZÁKLADNÍ PRINCIPY MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA VOZIDLOVÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ	10
2.1 METODY MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA	10
2.2 PROVOZNÍ SPOTŘEBA PALIVA	10
2.2.1 Pro osobní automobily podle ČSN 30 0510	11
2.2.2 Pro nákladní automobily a autobusy podle ČSN 30 0515	12
2.2.3 Spotřeba paliva podle metodiky EHK	13
2.3 MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA Z EMISÍ	13
2.4 MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA POMOCÍ HLADINOMĚRU	14
2.4.1 Plovákové	15
2.4.2 Hydrostatické (tlakové)	16
2.4.3 Kapacitní	17
2.4.4 Ultrazvukové	19
2.4.5 Radarové	20
2.4.6 Přepočet výšky hladiny na objem	21
2.5 MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA POMOCÍ PRŮTOKOMĚRU	22
2.5.1 Jednokomorový průtokoměr	23
2.5.2 Elektronický diferenciální dvoukomorový průtokoměr	23
2.6 PALIVOVÁ SOUSTAVA VZNĚTOVÝCH MOTORŮ	24
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO HODNOCENÍ NEJISTOTY MĚŘENÍ	26
3.1 CHYBY MĚŘENÍ	26
3.2 NEJISTOTY MĚŘENÍ	27
3.2.1 Nejistoty typu A	29
3.2.2 Nejistoty typu B	30
3.2.3 Kombinovaná standardní nejistota	32
4 ANALÝZA DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ MĚŘENÍ SPOTŘEBY PALIVA A VÝBĚR VHODNÉ METODY PRO VYBRANÉ VOZIDLO	33
4.1 MĚŘENÍ SPOTŘEBY	33
4.1.1 Měření průtokoměrem	34
4.1.2 Měření systémovou sběrnici CAN-BUS / FMS	35
4.1.3 Měření na nádrži	36
4.2 UMÍSTĚNÍ PALIVOMĚRU V NÁDRŽI	38
4.3 NEJISTOTY MĚŘENÍ	39
4.4 SYSTÉMY MONITORUJÍCÍ SPOTŘEBU PALIVA	40
4.4.1 Systém Truck Data Memory	40
4.4.2 Systém Echo Track	43
4.4.3 Systém Fuel Track	46
4.4.4 Systém Car Data Systém	47
4.4.5 Systém Ramon communication	50
4.5 POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ ZABÝVAJÍCÍCH SE SLEDOVÁNÍM PHM	51
4.6 VÝBĚR VHODNÉ METODY PRO VYBRANÉ VOZIDLO	52
5 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ HODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ	55
6 ZÁVĚR	56
7 SEZNAM LITERATURY	57
8 SEZNAM PŘÍLOH	58

Seznam zkratek:

ABS	Anti-Blocking System
a.s.	akciová společnost
CAN-Bus	Controller Area Network
CDS	Car Data System
ČSN	Česká státní norma
EHK	Evropská Hospodářská Komise
FMS	Fieldbus Message Specification
GPS	Global Positioning System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communication
GSM-R	Global System for Mobile Communication for Railway
Kč	Korun českých
kg	kilogram
km	kilometr
kg/m ³	kilogram na metr krychlový
km/h	kilometr za hodinu
l	litr
m	metr
m ³	metr krychlový
max	maximální
m·s ⁻¹	metr za sekundu
Pa	pascal
PC	počítač
PHM	pohonné hmoty a maziva
s	sekunda
SMS	Short Message Service
t	tuna
TDM	Truck Data Memory
°C	stupeň Celsia

1 Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou sledování spotřeby paliva vozidel se vznětovými motory. Dnešní doba poskytuje řadu variant sledování spotřeby paliva a není tedy lehké se v této problematice zorientovat a vybrat pro různé typy vozidel vhodný systém. Přitom výdaje za palivo dnes představují přibližně 40 % všech nákladů na provoz vozidla. Jedná se tedy o natolik podstatnou nákladovou položku, že si jistě zaslouží pozornost při provozu jakékoliv dopravní firmy. Praktické zkušenosti s využití různých systémů ukazují, že důsledným sledováním skutečné spotřeby paliva se dají uspořit nemalé finanční prostředky. Úspory v řádu několika litrů na 100 km představují při současných kilometrových výkonech vozidel obrovské částky. Řada společností tak nabízí systémy měření sledování spotřeby paliva různými druhy měření.

Tato práce je rozdělena do čtyř kapitol. V první kapitole je proveden rozbor základních principů měření spotřeby paliva. Jsou zde rozebrány především hlavní principy hladinoměrů a průtokoměrů. V druhé kapitole jsou uvedena teoretická východiska pro hodnocení nejistot měření. Je zde popsán stručný popis nejistot a rozdělení podle způsobu vyhodnocení. Ve třetí kapitole jsou uvedeny a rozebrány nejčastější metody měření paliva, které jsou v současnosti používány. Jsou zde popsány a porovnávány jednotlivé společnosti zabývající se měřením spotřeby paliva. Pro vybranou firmu (pivovar Litovel a.s.) zde byla vybrána vhodná metoda a systém sledování spotřeby paliva. Ve čtvrté kapitole jsem provedl technické a ekonomické zhodnocení navrženého řešení monitorování spotřeby paliva pro vozový park společnosti pivovar Litovel a.s.

2 Základní principy měření spotřeby paliva vozidlových spalovacích motorů.

2.1 Metody měření spotřeby paliva

Počet vozidel a tím také spotřeba paliva v České republice neustále roste. Na každý litr spáleného motorového paliva musí být k dispozici zhruba 10 m^3 vzduchu. Současně na zvyšující se spotřebu paliva má vliv také rostoucí stáří motorových vozidel, které je v současné době více jak 16,5 roku.

Se zvyšujícím se stářím vozového parku České republiky souvisí také zastarávání jejich konstrukce, přičemž se odhaduje, že 10 % spotřeby paliva právě připadá na ztráty vlivem konstrukce a dalších 10 % na ztráty, které souvisí se zhoršeným technickým stavem motorových vozidel.

Právě měrná spotřeba paliva je považována za komplexní diagnostický signál, který charakterizuje účinnost motoru. Bohužel v praxi se spotřeba paliva převážně udává v litrech na 100 km provozu v podobě tří čísel, která charakterizují spotřebu paliva v simulovaném městském cyklu, mimoměstském cyklu a ve smíšeném provozu, který je kombinací předchozích [8].

2.2 Provozní spotřeba paliva

Spotřeba paliva je důležitým ukazatelem hospodárnosti provozu každého vozidla. Lze ji zjišťovat při jízdách zkouškách na silnici nebo v laboratorních podmínkách na válcových stanicích. Nejčastěji se udává ve spotřebě paliva na 100 ujetých kilometrů.

Před rokem 1996 se udávaly v technické dokumentaci k automobilu tři hodnoty spotřeby paliva. Městský cyklus simuloval jízdu v obcích a jeho rychlostní průběh byl převzat z metodiky měření emisí. Maximální rychlost v městském cyklu dosahovala 50 km/h. Další dva údaje měly simulovat jízdu na silnicích mimo obce a na rychlostních komunikacích. Spotřeby se měřily při konstantních rychlostech 90 km/h a 120 km/h.

Od roku 1996 byl zaveden nový evropský jízdní cyklus (NEDC-New European Driving Cycle, NEFZ – Neuer Europäischer Fahrzyklus) s cílem přiblížit hodnoty spotřeb uváděné v tabulkách, reálným číslům. V současné době platná směrnice 93/116/ECE, podle které jsou získávány tři hodnoty spotřeb pro městský, mimoměstský a kombinovaný cyklus logicky sdružuje spotřebu paliva s vyprodukovanými emisemi [17].

Základní měřenou veličinou je podle předpisu 93/116/ECE hmotnost CO₂, který automobil vyprodukuje během testu.

Novinkou zavedenou v nové metodice měření spotřeby paliva, bylo zahrnutí studeného startu do měřeného cyklu. Dříve nebyly nejméně příznivé režimy chodu motoru, krátce po startu v měření obsaženy. Automobil startuje s motorem, který má teplotu mezi 20°C a 30°C. Konkrétní automobily, které procházejí testem, musí mít najeto alespoň 3000 km, avšak ne více než 15000 km. Testy jsou prováděny s automobilem, který veze 75 kg těžkého řidiče a náklad o hmotnosti 100 kg. Předpokládáme, že jízda je simulována na válcové stoličce nebo pohybujícím se pásu.

Dalším z důvodů obtížné porovnatelnosti nové a staré metodiky je vyšší podíl městského cyklu (náročného na spotřebu) v nové metodice. Tento podíl se zvýšil z 33,3 % na 36,8 %. Měření po dobu dvou let ukázala, že u lehkých aut s maloobjemovými motory je rozdíl hodnot spotřeby menší než 10 %, naopak u velkých automobilů je to více než 10% rozdíl.

Městský cyklus se skládá ze čtyř shodných bloků. Každý z nich je dlouhý 195 sekund a automobil během něj třikrát akceleruje z klidu na 15 km/h, 32 km/h a 50 km/h. Celková délka městského cyklu měří 780 sekund tj. 13 minut. Automobil při tomto testu jede nejvýše 50 km/h, průměrná rychlost činí 19 km/h a testovaný automobil ujede vzdálenost 4 km.

Mimoměstský cyklus následuje ihned po městském cyklu. Během něj se automobil pohybuje rychlostmi od 0 do 120 km/h. celková délka mimoměstského cyklu činí 400 sekund.

Kombinovaný cyklus je tvořen výše popsaným městským a mimoměstským cyklem, trvá tedy 1180 sekund (necelých 20 minut), automobil jede průměrnou rychlostí 34 km/h a ujede 11 007 metrů. Výsledné hodnoty spotřeby jsou průměrem, váženým vzdálenostmi, ujetými v každé z částí testu [17, 1].

2.2.1 Pro osobní automobily podle ČSN 30 0510

V technickém průkazu vozidla se dříve udávala pouze tzv. základní spotřeba paliva podle ČSN. Spotřeba se měřila přístrojem s odměrnými nádobami, který se zapojoval do palivového systému mezi nádrž a podávací čerpadlo. Vozidlo muselo být zatíženo na 50 % užitečné hmotnosti. Spotřeba se měřila na rovinném úseku dlouhém asi 10 km (min 5 km) při konstantní zkušební rychlosti odpovídající 2/3 výrobcem udávané největší rychlosti

vozidla (max. 110 km/h). Tato norma je dnes již neplatná, ale v provozu je ještě hodně automobilů, u nichž byla spotřeba takto určena. Během měření se nesmělo řadit. Již 200 m před začátkem zkušebního úseku muselo jet vozidlo ustálenou rychlostí. Měření se provádělo během jízdy oběma směry zkušebního úseku. Spotřeba se přepočítávala na 100 km a zvyšovala se o 10 % vztahem 1.1 [1, 9].

$$S_z = 1,1 \cdot \frac{S_1 + S_2}{2 \cdot L} \cdot 100 \quad [l \cdot 100 \text{ km}^{-1}] \quad (1.1)$$

Kde:

S_z – Spotřeba na 100 km $[l \cdot 100 \text{ km}^{-1}]$

S_1, S_2 - spotřeba měřená v obou směrech $[l]$

L – délka zkušebního úseku $[km]$

1,1 - zvýšení s ohledem na méně příznivé okolnosti při praktickém provozu

2.2.2 Pro nákladní automobily a autobusy podle ČSN 30 0515

Metodu měření spotřeby paliva pro nákladní automobily a autobusy definuje norma ČSN 30 0515. Tato norma platí pro automobily o hmotnosti vyšší než 2000 kg a všechny autobusy. Hmotnost vozidla je definována jako největší přípustná celková hmotnost udávaná výrobcem. Rozložení zatížení na jednotlivé nápravy musí odpovídat předpisu výrobce. Dovolенý podélný sklon měřicí dráhy vyžaduje vyšší rovinatost [1].

a) Měření spotřeby paliva při stálé rychlosti.

Je prováděna na rovné silnici, uzavřeném okruhu, nebo na vhodném válcovém dynamometru. Pro stanovení spotřeby paliva se vykonávají 4 jízdy a to jízdou v obou směrech. Vozidlo je zatíženo na největší přípustnou hmotnost.

b) Měření spotřeby paliva při zkoušce zrychlení

Při zkoušce se zjišťuje spotřeba paliva při nejvyšším možném zrychlení vozidla z klidu do dosažení 50km/h a jízdou touto rychlostí s následujícím zastavením. Měřicí úsek je dlouhý 600 m. Provádí se celkem 3 jízdy v obou směrech.

Jako doplňkové měření potřeby paliva se provádí měření spotřeby paliva při volnoběhu a při pohotovostní hmotnosti [1].

2.2.3 Spotřeba paliva podle metodiky EHK

Pro určení spotřeby paliva se používá předpisu EHK č. 15-04, který předepisuje především limity obsahu škodlivin ve výfukových plynech automobilů s benzínovým motorem, ve svých přílohách stanovuje také podmínky a způsob měření výkonů motorů a spotřeby paliva motorových vozidel.

Spotřeba se měří při ustálených rychlostech 90 km/h a 120 km/h a při jízdním cyklu, odpovídajícímu tzv. městskému provozu. Spotřeba při ustálených rychlostech se může měřit jak na silnici, tak i na válcovém dynamometru, zatíženým ekvivalentním odporem, který dává shodné výsledky jako měření na silnici.

Spotřeba v tzv. městském cyklu se měří pouze na válcovém dynamometru, na kterém je křivka jízdních odporů simulována zatížením dynamometru a setrvačnou hmotu vozidla nahrazuje setrvačná hmota válcového dynamometru. Předpisy vždy stanoví pro určité rozmezí hmotnosti vozidla určitou setrvačnou hmotu válcového dynamometru. Tento cyklus se při měření spotřeby opakuje celkem jedenáctkrát, přičemž pět cyklů slouží k ohřátí motoru na provozní teplotu a při následujících šesti cyklech se měří spotřeba paliva. Mezi jednotlivými cykly běží vždy motor asi jednu minutu naprázdno, přičemž cyklus trvá 195 sekund.

Skutečné spotřeby paliva v městském provozu se však mohou od hodnot naměřených v jízdním cyklu EHK značně odlišovat. Tato odchylka vzniká především způsobem jízdy a řazením, vlivem okolní teploty i teploty motoru vozidla, jeho mechanickým stavem atd. [1].

2.3 Měření spotřeby paliva z emisí

Je závazný způsob pro homologační měření od 1. 1. 1997 v rámci Evropského společenství. Dnes se zpracovávají výsledky měření na počítači a není problém vypočítat z vyprodukovaného CO, CO₂ a HC množství spotřebovaného paliva.

Výhodou způsobu zjišťování spotřeby paliva ze spalin je to, že není třeba zasahovat do palivové soustavy automobilu připojením externího měřicího zařízení. To je u moderních palivových soustav obtížné a pracné a v některých případech dokonce nemožné. Nevýhodou jsou zejména podstatně vyšší investice na celý měřicí systém.

Metoda počítané spotřeby paliva ze spalin se vyvinula z měření emisí vozidlových motorů. Při „klasickém“ odběru vzorku z výfukového traktu spalovacího motoru je při dodržování stejných podmínek pro spalování koncentrace škodlivin přibližně stálá a se

změnou režimu běhu motoru (klapka, otáčky) se mění výrazně průtok spalin. Pro výpočet spotřeby paliva z těchto tzv. neředěných plynů je nutno zajistit přesné a kontinuální měření nasávaného množství vzduchu.

Naopak při velkém průtoku ředícího vzduchu, několikanásobku průtoku spalin, se při změně režimu běhu mění výrazně koncentrace škodlivin a průtok zředěných spalin je takřka neproměnný. V tomto případě není nutné zajistit kontinuální měření hltnosti motoru, je však nutné zajistit konstantní ředění.

Ani jeden z experimentů uvedených metod však nedosahuje přesností, které jsou běžné pro servisní průtokoměry tj. cca 1,5 až 2 % [8, 9].

2.4 Měření spotřeby paliva pomocí hladinoměru

Měření spotřeby paliva pomocí hladinoměrů je založeno na sledování úbytku paliva z nádrže. Společně s vyhodnocovacím zařízením je to jediná metoda, která nám zaručí přesný přehled o množství paliva v nádrži.

Pro určování výšky hladiny v nádržích se používá velká řada přístrojů (hladinoměrů). Od jednoduchých mechanických plováků, kapacitních, systémů založených na měření hydrostatického tlaku až po moderní ultrazvukové zařízení a radarové zařízení. Jednotlivé typy hladinoměrů mají své výhody a nevýhody, proto záleží na vhodném výběru pro konkrétní použití [2].

Výběr vhodného typu hladinoměru hladiny

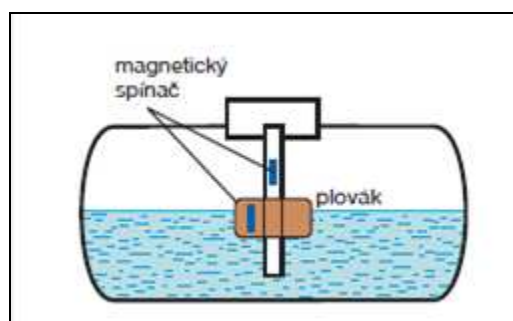
Při výběru vhodného typu snímače pro konkrétní provozní aplikaci je zapotřebí brát v úvahu:

- fyzikální a chemické vlastnosti měřeného média
- charakter okolního prostředí a podmínky měření
- požadavek na spojité či nespojité snímání stavu hladiny
- specifikace účelu měření
- měřicí rozsah
- požadavek na přesnost měření
- ekonomické náklady na zařízení

2.4.1 Plovákové

Základní součástí plovákového hladinoměru je plovák, obvykle v podobě lehkého dutého tělesa nebo tělesa vyrobené z materiálu o velmi malé hustotě. Plovák je ponořen do kapaliny jen velmi málo (poměr ponořené části plováku k jeho celkové výšce se rovná poměru hustot plováku a kapaliny). Při měření menších změn polohy hladiny se používají plováky ve tvaru koule. Plováky mohou být umístěny přímo v provozních nádobách zavěšené na tyčích, lanech, řetězech. Poloha plováku se určuje pomocí převodníku na elektrický signál. Vhodným převodníkem může být odporový vysílač mechanicky spojený např. s kladkou plovákového snímače. Odporový vysílač je speciálně uzpůsobený měřicí potenciometr, u něhož se působením měřené veličiny mění poloha kontaktu (jezdce) pohybujícího se po odporové dráze. Snímače tohoto typu jsou jednoduché a spolehlivé. Musí být dokonale mechanicky provedeny, aby vykazovaly malý třecí moment a dlouhou dobu života.

V uzavřených nádržích se většinou používá plovák ve tvaru prstence, jehož pohyb je usměrněn pomocí vodící tyče, ve které je zabudováno zařízení pro převod pohybu plováku na výstupní signál (reléový hladinoměr). Poloha plováku může být snímána např. jedním či několika magnetickými spínači (*obr. 2.1*) [2, 6].



Obr. 2.1 Princip plovákového hladinoměru

Reléový hladinoměr

Reléový hladinoměr pracuje na principu plováku, který v dané poloze výšky hladiny vytváří magnetické pole. Tím se spínají jednotlivé odporové řady využívající jazýčkových kontaktů umístěných na vodící tyči. Hladinoměr tak převádí výšku hladiny na elektricky měřitelnou veličinu (elektrický odpor). Hodnota odporu se postupně mění v závislosti na měnící se poloze plováku na hladině. Přesnost měření je pak daná hustotou pokrytí jazýčkových kontaktů na vodící tyči.

Přesnost plovákových hladinoměů závisí především na tvaru a průřezu plováku, pasivních odporech v převodovém mechanismu a na změnách hustoty měřené kapaliny. Plovák by pokud možno neměl mít žádné horizontální plochy, na kterých se mohou udržovat kapky kapaliny a usazovat případné nečistoty. Ty jsou příčinou změny hmotnosti plováku, a tím i změny jeho ponoření. Plováky určené pro tlakové prostory jsou nejčastěji kulového tvaru. Někdy bývají naplněny inertním plynem na tlak odpovídající maximálnímu tlaku v nádrži.

Předností plovákových hladinoměů je jednoduchost spolehlivost a nízká cena pořízení oproti jiným systémům. Nevýhodou je možné opotřebování pohybujících se částí hladinoměů [2, 6].

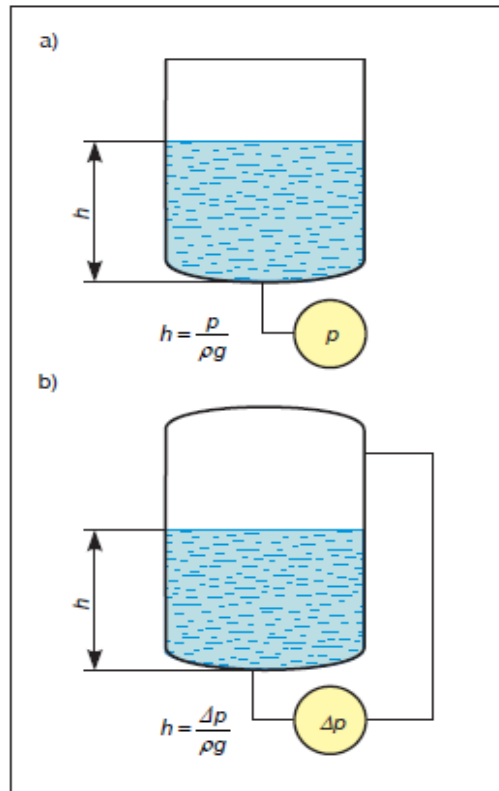
2.4.2 Hydrostatické (tlakové)

Pracují na principu vyrovnávání tlaku uvnitř a vně nádrže. Čidlo hladinoměů vyhodnocuje tlak, kterým tlačí kapalina v nádrži a porovnává ho s tlakem v okolí. Poloha hladiny h se vyhodnocuje z hydrostatického tlaku p sloupce kapaliny v nádrži. Z rovnice 1.2 vyplývá, že výsledek měření závisí na hustotě ρ a tedy i na teplotě kapaliny.

$$h = \frac{p}{\rho \cdot g} \quad [\text{m}] \quad (1.2)$$

h – výška hladiny v nádrži [m], ρ – hustota kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$], p – hydrostatický tlak [Pa],
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

K měření hydrostatického tlaku se používá vhodný tlakoměr. Na *obr. 2.2a* je znázorněno měření hydrostatického tlaku v otevřené nádobě. Měří-li se poloha hladiny v uzavřeném, tlakovém zásobníku, užívá se uspořádání podle *obr. 2.2b*. V případě, že v referenčním přívodu k manometru mohou kondenzovat páry, je nutné zařadit kondenzační nádoby, nebo se referenční přívod plní vhodnou oddělovací kapalinou. Předností hydrostatických hladinoměů je nezávislost výstupu na tvorbě pěny a na elektrických vlastnostech měřené látky (elektrická vodivost, permitivita). Nevýhodou je závislost na hustotě (teplotě) média a nebezpečí zamrznutí přívodů ke snímači rozdílu tlaků v nádržích mimo uzavřené objekty [2, 6].

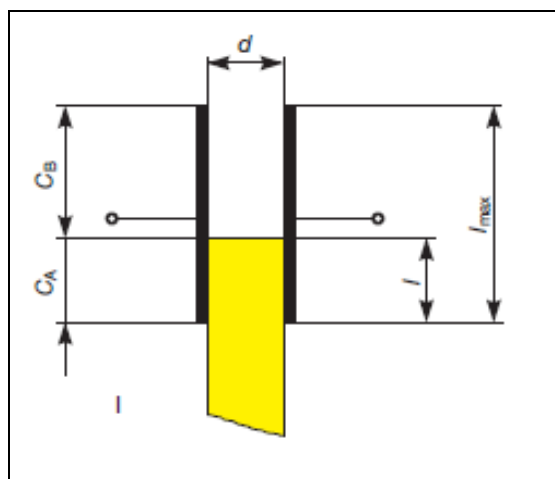


Obr. 2.2 Princip měření hladiny pomocí hydrostatického tlaku

h – výška hladiny v nádrži, ρ – hustota kapaliny, p – hydrostatický tlak, Δp – rozdíl tlaků v nádrži [2].

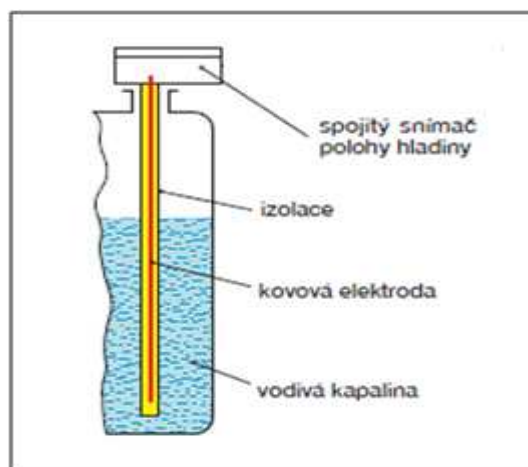
2.4.3 Kapacitní

Kapacitní hladinoměry převádějí měření hladiny na měření kapacity. U elektricky nevodivých kapalin se využívá kapacitní snímač, u něhož nastává se změnou polohy hladiny změna dielektrika. Okamžitá celková kapacita C je dána součtem dvou dílčích kapacit C_A a C_B podle obr. 2.3. Při měření polohy hladiny tvoří nevodivá kapalina „posuvné“ dielektrikum. Kapacitní sonda má obvykle tvar válce. Jednu elektrodu snímače tvoří např. svislá tyč, druhou představuje stěna nádoby. Dielektrikem je nevodivá kapalina, která při změně polohy hladiny zaplavuje elektrodu. V případě, že nádoba má nevhodný tvar nebo je vyrobena z nevodivého materiálu, se jako druhá elektroda použije děrovaná trubice obklopující tyčovou elektrodu [2, 6].



Obr. 2.3 Kapacitní snímač s proměnnou permitivitou (nevodivou kapalinou)[2].

Při měření polohy hladiny elektricky vodivých kapalin (obr. 2.4) je kovová tyčová elektroda opatřena izolačním povlakem, např. z teflonu, tvořícím dielektrikum. Vodivá kapalina představuje druhou elektrodu s plochou závislou na výšce hladiny. Přesnost měření v obou případech ovlivňuje vodivá vrstva kapaliny, pěny nebo nánosů ulpívajících na povrchu snímačů.



Obr. 2.4 Kapacitní snímač polohy hladiny pro vodivé kapaliny[2].

Přesnost měření v obou případech ovlivňuje vodivá vrstva kapaliny, pěny nebo nánosů ulpívajících na povrchu snímačů. U snímačů vyráběných v současné době jsou elektronické vyhodnocovací obvody zabudovány přímo v přípojovací hlavici snímače. K přednostem kapacitních snímačů lze počítat jejich jednoduchou a robustní konstrukci bez pohyblivých částí. Možnost dobře odolávat korozi, snadné čištění. K nedostatkům patří nebezpečí pokrývání povrchu sondy vodivým materiálem (nánosy, kaly) a závislost na relativní permitivitě měřené kapaliny, měnící se zejména vlivem teploty [2, 6].

2.4.4 Ultrazvukové

Ultrazvukový snímač je bezkontaktní hladinoměr generující ultrazvukové pulsy, které jsou odrazeny od hladiny kapaliny a přijaty zpět. Čas mezi vysláním a přijetím je přímo úměrný vzdálenosti mezi hladinou kapaliny a snímačem.

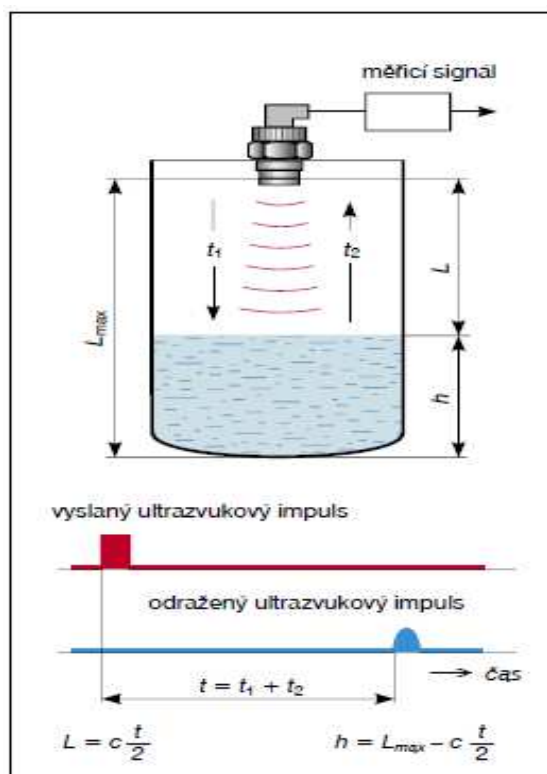
Hladinoměr se instaluje do horního víka nádrže pomocí upevňovací matice či příruby tak, aby osa hladinoměru byla kolmo na hladinu měřené kapaliny. Místo pro instalaci je potřeba zvolit tak, aby žádná překážka nezasahovala do dráhy ultrazvukového paprsku. Snímač by neměl být vystaven přímému slunečnímu záření, ani blízkosti jiného zdroje tepla. V místě upevnění snímače je třeba zamezit vibracím a mechanickým otřesům.

Na obr. 2.5 je nakresleno zjednodušené schéma ultrazvukového hladinoměru, který využívá měření doby šíření ultrazvukového impulsu. Měřicí zařízení tvoří: generátor a vysílač ultrazvukového signálu, přijímač ultrazvuku, zesilovač signálu a elektronické vyhodnocovací zařízení. Vysílač a přijímač ultrazvukových impulsů tvoří konstrukční celek, umístěný obvykle v horní části nádrže. Funkci celého zařízení řídí generátor pulsů. Na počátku měřicího cyklu je z vysílače vyslán ultrazvukový impuls, který se po odrazu od hladiny vrací k přijímači. Doba t , naměřená elektronickým obvodem, závisí na délce dráhy ultrazvukového impulsu, a tím i na poloze hladiny. Poloha hladiny h se stanovuje odečtením poloviny naměřené dráhy impulsu od maximální vzdálenosti (vzdálenost ke dnu nádrže) podle vzorce 1.3.

$$h = L_{max} - c \cdot \frac{t}{2} \quad [\text{m}] \quad (1.3)$$

c – rychlost šíření mikrovln [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], t – naměřený čas [s], L_{max} – vzdálenost snímače ode dna nádrže [m], h – výška hladiny v nádrži [m].

Měření pomocí ultrazvukového hladinoměru je velmi citlivé na směr a na přesnou detekci hladiny. Při nesouvislém povrchu hladiny, případně plovoucího tělesa odráží zvuk nesoustředěně všemi směry. Stabilizace tohoto typu měření je cenově velmi náročná [3, 6].



Obr. 2.5 Princip ultrazvukového hladinoměru (c – rychlost zvuku v prostředí, t – naměřený čas, L – vzdálenost hladiny od snímače, L_{max} – vzdálenost snímače ode dna nádrže, h – výška hladiny v nádrži)[3].

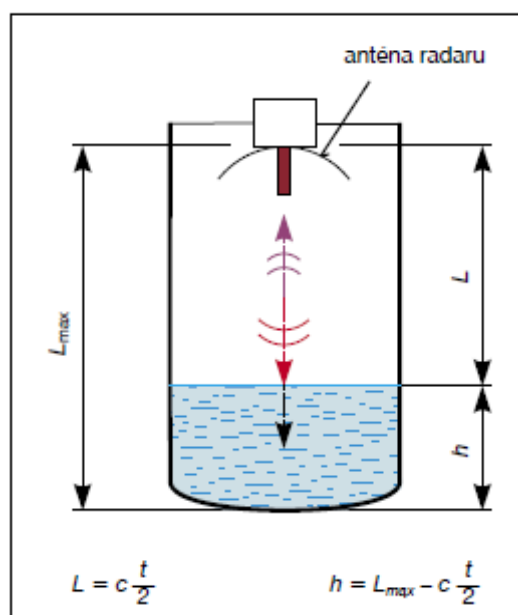
2.4.5 Radarové

Radarové hladinoměry (obr. 2.6) pracují na principu mikrovlnné technologie. Snímač vysílá sérii velmi krátkých mikrovlnných pulsů směrem k hladině paliva v nádrži. Pulsy se od hladiny odrážejí zpět a jsou přijímány anténou snímače. Snímač měří čas mezi vyzářeným a zachyceným odraženým pulzem. Změřený čas se použije pro určení vzdálenosti antény snímače od hladiny paliva v nádrži. Výška hladiny paliva v nádrži h se poté spočítá podle vzorce 1.4.

$$h = L_{max} - c \cdot \frac{t}{2} \quad [\text{m}] \quad (1.4)$$

c – rychlost šíření mikrovln $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$, t – naměřený čas $[\text{s}]$, L_{max} – vzdálenost snímače ode dna nádrže $[\text{m}]$, h – výška hladiny v nádrži $[\text{m}]$.

Elektronika snímače přijatý signál zesiluje a softwarově zpracovává. Softwarovým zpracováním signálu jsou např. rozlišovány odrazy od hladiny paliva od ostatních falešných ozvěn (odrazy od stěn nádrže). Výhody metody spočívají v bezkontaktním měření, možnosti použití při vysokých teplotách i tlacích a nezávislosti měření na okolním prostředí. Hlavní nevýhodou radarového měření paliva je jeho použitelnost pouze v nádržích hlubokých několik metrů, protože se zmenšující se hloubkou výrazně klesá přesnost tohoto měření [3, 6].



Obr. 2.6 Princip radarového hladinoměru (c – rychlost šíření mikrovln, t – naměřený čas, L – vzdálenost hladiny od snímače, L_{max} – vzdálenost snímače ode dna nádrže, h – výška hladiny v nádrži)[3].

2.4.6 Přepočet výšky hladiny na objem

Samotný přepočet výšky hladiny na objem paliva v nádrži se provádí pomocí kalibrace. Tato kalibrace se provádí z důvodu často komplikovaných tvarů palivových nádrží a nesnadného přepočtu výšky hladiny na objem paliva obsaženého v nádrži. Postup kalibrace je následující: Prázdná nádrž se postupně plní přičerpáváním definovaného množství paliva přičemž je z hladinoměru odečítána výška paliva v nádrži. Jsou tedy získávány informace o tom, jakému údaji o výšce hladiny odečteného z hladinoměru odpovídá objem paliva v nádrži.

2.5 Měření spotřeby paliva pomocí průtokoměru

Měření spotřeby paliva pomocí průtokoměru je založeno na sledování množství paliva, které proteče vstřikovací soustavou. Pomocí tohoto měření v kombinaci s vyhodnocovacím zařízením můžeme přesně zjistit okamžitou spotřebu, ale také spotřebu průměrnou či dlouhodobou.

Toto měření je poměrně jednoduché, ale má některé problémy, které souvisí především se správným umístěním průtokoměru do palivové soustavy spalovacího motoru a také s měřením a načítáním spotřeby paliva v průběhu dynamických režimů.

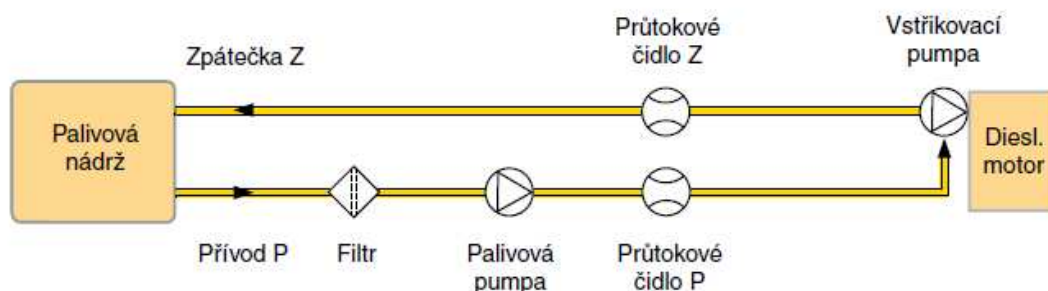
Při připojení průtokoměru nesmí být ovlivněny správné provozní parametry palivové soustavy a musí být respektováno zpětné vracení přebytečného paliva do nádrže. Za těchto dvou podmínek je zcela bezproblémové připojení průtokoměru do starší soustavy vznětových motorů s neproplachovaným vstřikovacím čerpadlem a zážehových motorů s karburátorem.

Akcelerační způsob měření spotřeby paliva klade na konstrukci průtokoměru podstatně vyšší nároky, než je tomu u klasického statického zatěžování. Především se jedná o přesnost, jemné rozlišení a co nejnižší setrvačnost mechanických a hydraulických systémů použitého průtokoměru [6, 18, 9].

Princip měření spotřeby paliva motoru

Diesellové motory jsou běžně ovládané cirkulačním palivovým systémem (obr. 2.7). Napájecí vedení přivádí palivo z nádrže přes palivový filtr a palivovou pumpu do vysokotlaké vstřikovací pumpy motoru. Přivedené množství je vždy větší než maximální spotřeba motoru.

Přebytečné palivo odtéká zpětným vedením do nádrže. Spotřeba motoru se rovná přivedený objem mínus odvedený objem [10].



Obr. 2.7 Princip palivového systému [19].

2.5.1 Jednokomorový průtokoměr

Tento průtokoměr (*obr. 2.8*) je vhodný do malých strojů a vozidel s mechanickým vstřikovacím čerpadlem, u kterých přepad paliva nemá významný vliv na skutečnou spotřebu. Po připojení do palivové soustavy se uzavírá okruh a přepadová nafta se vrací zpět za měřič, nikoli do nádrže. V případě netěsnosti soustavy může dojít k zavzdušnění systému. Elektroniku uvnitř průtokoměru je nutno napojit na vyhodnocovací jednotku [7, 16].



Obr. 2.8 Elektronický jednokomorový průtokoměr [16].

2.5.2 Elektronický diferenciální dvoukomorový průtokoměr

Dvoukomorový průtokoměr (*obr. 2.9*) je vhodný u strojů a vozidel s mechanickým vstřikovacím čerpadlem. Po připojení do palivové soustavy se na okruhu palivové soustavy nic nemění. Tento průtokoměr se využívá, když palivová soustava využívá cirkulaci paliva. Průtokoměr se zapojuje do přímé větve (směr z nádrže do motoru) a zpětné větve (směr z motoru do nádrže) palivového potrubí. Dvoukomorový průtokoměr pracuje na principu, kdy první komora počítá chod paliva vpřed (přímá větev), druhou měřicí komorou se počítá chod paliva zpět (zpětná větev). Zpětný chod znamená vrácení přebytečného, do motoru dopraveného, ale nespotřebovaného paliva zpět do nádrže. Spotřeba se vypočítá pomocí rozdílu dvou komor průtokoměru (sání, přepad). Elektroniku uvnitř průtokoměru je nutno napojit na vyhodnocovací jednotku [19, 16].



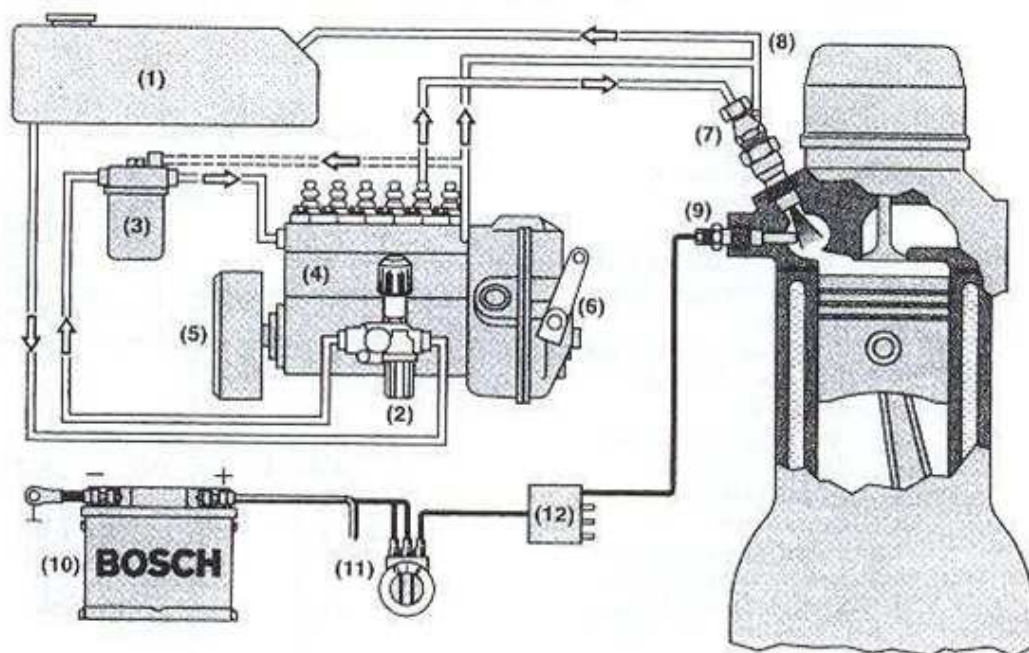
Obr. 2.9 Elektronický dvoukomorový průtokoměr [19].

2.6 Palivová soustava vznětových motorů

Palivová soustava se rozděluje na dvě základní části:

1. nízkotlakou část, jejímž úkolem je nasát palivo z nádrže a přes palivové čističe jej dopravit do sacího kanálu vstřikovacího čerpadla. Na konci sacího kanálu je přetlakový ventil, který udržuje v nízkotlaké části mírný přetlak. Přebytečné palivo je odváděno odpadovým potrubím zpět do nádrže vozidla.
2. vysokotlakou část, která svojí činností vyvolává požadovaný vstřikovací tlak, pod kterým je palivo vstřikováno do komůrky nebo přímo do válce motoru [7].

Hlavní části palivové soustavy vznětového motoru



Obr. 2.10 Palivová soustava s řadovým vstřikovacím systémem: 1. Palivová nádrž, 2. Dopravní palivové čerpadlo 3. Jemný čistič paliva, 4. Řadové vstřikovací čerpadlo, 5. Přesuvník vstřiku, 6. Odstředivý regulátor, 7. Vstřikovač, 8. Zpětné palivové potrubí, 9. Žhavicí svíčka, 10. Akumulátor, 11. Spínací skříňka, 12. Řídící jednotka žhavení [7].

3 Teoretická východiska pro hodnocení nejistoty měření.

3.1 Chyby měření

V praxi nejsou žádná měření, žádná měřicí metoda ani žádný přístroj absolutně přesné. Nejrůznější negativní vlivy, které se v reálném měřicím procesu vyskytují, se projeví odchylkou mezi naměřenou a skutečnou hodnotou sledované veličiny. Výsledek měření se tak vždy pohybuje v jistém „tolerančním poli“ kolem skutečné hodnoty, ale téměř nikdy nenastává ideální ztotožnění obou hodnot. Výsledný rozdíl mezi oběma hodnotami je někdy tvořen i velmi složitou kombinací dílčích faktorů. Dosud bylo zvykem při vyhodnocování souborů naměřených hodnot pracovat s chybami. Nově je vyhodnocování prováděno prostřednictvím vyjádření nejistot měření.

Jako chyba absolutní Δ_y se označuje rozdíl mezi hodnotou naměřenou X_m a skutečnou X_s , tedy:

$$\Delta_s = X_m - X_s \quad (2.1)$$

X_m ... změřená hodnota měřené veličiny

X_s skutečná hodnota měřené veličiny

Podělíme-li absolutní chybu skutečnou hodnotou, dostaneme relativní chybu měřené veličiny. Platí tedy:

$$\Delta_r = \frac{X_m - X_s}{X_s} = \frac{\Delta_s}{X_s} \quad (2.2)$$

Chyby absolutních a relativních hodnot se podle svého zdroje rozdělují na chyby přístroje, metody, pozorování a vyhodnocení. Dále podle jejich působení je můžeme rozdělit do tří skupin na:

- *systematické*
- *náhodné*
- *hrubé*

Systematické chyby jsou při stálých podmínkách také stálé co do velikosti i znaménka a svým působením systematicky ovlivňují výsledek měření. Z hlediska uživatele měřicí techniky jsou systematické chyby sympatické tím, že je lze z velké části určit a jejich vliv je možné zmenšit, např. pomocí korekcí, kompenzací apod. Takto se zpravidla podaří

odstranit podstatnou část jejich negativního vlivu na měření, ale zůstane ještě zbytek, který lze označit jako nevylučitelné systematické chyby. Právě toto je jedna z oblastí, kterou mohou postihnout nové přístupy k určení nejistot v měření.

Náhodné chyby působí zcela nahodile, jsou těžko předvídatelné a nelze je vyloučit. Při opakování měření se mění jejich velikost i znaménko, jak odpovídá předpokládanému zákonu rozdělení. Pro určení jejich velikosti se vychází z opakovaných měření s použitím statistických metod, odpovídajících patřičnému pravděpodobnostnímu modelu, reprezentovanému zákonem rozdělení příslušné náhodné chyby. V praxi velmi často jde o rozdělení normální – Gaussovo, které se používá ve většině aplikací.

Hrubé chyby jsou pak zcela nevyzpytatelné. Měření zatížené hrubou chybou může znehodnotit celý experiment, a proto naměřené hodnoty, které výrazně „vybočují z řady“, což bývá velmi často projevem tohoto druhu chyby, se vyloučí z dalšího zpracování. Omezit riziko jejich výskytu lze důsledným dodržováním příslušných měřicích postupů, podmínek měření a pozorností obsluhy.

Chyby přístrojů jsou způsobeny nedokonalostmi použitých měřicích prostředků, které mohou vznikat ve výrobě, montáži, popř. i opotřebením. Někdy jsou doplněny také nevhodnou instalací přístroje na pracovním místě. Svou roli sehrává i změna charakteristik a parametrů přístroje v čase (stárnutí).

Chyby metody mají svůj původ v nedokonalosti, či zjednodušení použité měřicí metody. Chyby pozorování, nebo spíše pozorovatele, jsou do měření vnášeny jako chyby osobní, zapříčiněné buď nedokonalostí smyslů pozorovatele, nebo jeho nesoustředěností.

Chyby, mající svůj původ ve vyhodnocení, jsou časté jako výpočtové, vznikající v důsledku aplikování přibližných vztahů, zjednodušení, ale také použitím linearizace, zaokrouhlováním, nedostatečným vyčíslením konstant apod. [4, 5, 22].

3.2 Nejistoty měření

Nejistota měření je parametr přiřazený k výsledku měření, charakterizující rozptyl hodnot, které lze důvodně přiřazovat k měřené veličině. Jinak řečeno, jedná se o parametr charakterizující rozptyl hodnot okolo výsledné naměřené hodnoty, v němž s jistotou pravděpodobností je hodnota pravá. Standardní nejistotou se označuje nejistota daná směrodatnou odchylkou veličiny, pro niž je nejistota udávána. Nejistoty měření obsahují obvykle řadu složek vyplývajících z různých zdrojů nejistot. Vyjádření přesnosti měření nejistotou měření předpokládá, že byly nejprve vyloučeny hrubé chyby a dle technických

možností (např. korekcí) odstraněny chyby systematické. Můžeme tedy říci, že byly vyloučeny odstranitelné systematické jevy [5, 22].

Zdroje nejistot

Jako zdroje nejistot lze označit veškeré jevy, které nějakým způsobem mohou ovlivnit neurčitost jednoznačného stanovení výsledku měření, a tím vzdalují naměřenou hodnotu od hodnoty skutečné. Značnou roli zde sehrává také skutečnost, zda jde o měřicí metody přímé nebo nepřímé. Na nejistoty působí výběr měřicích přístrojů analogových nebo číslicových, použití různých filtrů, vzorkovačů a dalších prostředků v celé trase přenosu a úpravy měřicího signálu. K nejistotám velmi výrazně přispívají rušivé vlivy prostředí v tom nejširším slova smyslu. Nejčastějšími zdroji nejistot jsou [4, 5]:

- nedokonalá či neúplná definice měřené veličiny nebo její realizace
- nevhodný výběr přístroje (rozlišovací schopnost aj.)
- nevhodný (nereprezentativní) výběr vzorků měření
- nevhodný postup při měření
- zjednodušení (zaokrouhlení) konstant a převzatých hodnot
- neznámé nebo nekompenzované vlivy prostředí
- nedodržení shodných podmínek při opakovaných měřeních
- subjektivní vlivy obsluhy

Některé ze zdrojů se projevují výhradně, či výrazněji v nejistotách vyhodnocovaných nejistotou typu A, jiné při použití nejistoty typu B. Mnohé zdroje ale mohou být příčinou obou skupin nejistot, a zde právě číhá největší nebezpečí v podobě opomenutí jedné ze složek, což může mít i velmi výrazný zkreslující účinek. Značnou roli sehrává i skutečnost, zda se jedná o měřicí metody přímé nebo nepřímé. Vliv na nejistoty má výběr měřicích přístrojů analogových nebo číslicových, použití různých filtrů a dalších prostředků v celé trase přenosu a úpravy měřicího signálu [4, 5, 22].

Nejistoty měření se podle způsobu vyhodnocení dělí do skupin:

- standardní nejistota typu A označovaná symbolem u_A
- standardní nejistota typu B označovaná symbolem u_B
- kombinovaná standardní nejistota označovaná symbolem u_C

3.2.1 Nejistoty typu A

Standardní nejistoty typu A – u_A jsou způsobovány náhodnými chybami, jejichž příčiny se považují všeobecně za neznámé. Tyto nejistoty se stoupajícím počtem opakovaných měření zmenšují. Přitom se předpokládá existence náhodných chyb s normálním rozdělením.

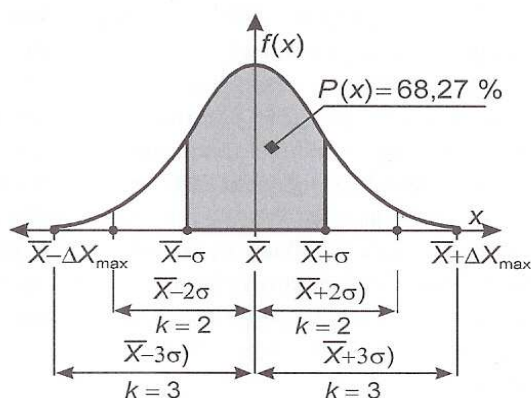
Nejistotu typu A stanovíme statistickým zpracováním naměřených hodnot. Nejprve se opakovaným měření veličiny X (za stejných podmínek alespoň desetkrát) a výpočtem výběrového aritmetického průměru stanoví odhad hodnoty „ \bar{x} “. Výběrový aritmetický průměr měřené veličiny X pro „ n “ měření je dán známým vztahem:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.3)$$

Standardní nejistota typu $u_A(x)$ k odhadu „ \bar{x} “ je pak dána výběrovou směrodatnou odchylkou výběrového aritmetického průměru podle vztahu:

$$u_A(x) = \sigma(\bar{X}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}} \quad (2.4)$$

Statistické rozdělení (rozložení) odchylek od výběrového průměru, tj. rozptyl hodnot, odpovídá v technické praxi nejčastěji rozdělení normálnímu (Gaussovu, *obr. 3.1*).



Obr. 3.1: Statistické normální (Gaussovo) rozdělení[22].

Vymezená plocha mezi osou „ x “ a přímkami $x = +\sigma$; $x = -\sigma$ udává pravděpodobnost $P(x)$, že odchylka od výběrového průměru \bar{X} nabude hodnoty v intervalu $\langle +\sigma, -\sigma \rangle$, neboli

pro interval $\bar{X} \pm \sigma$ plocha vymezuje pravděpodobnost 68,27%. pro rozšířený interval daný součinitelem $k = 2$ tj. pro $\bar{X} \pm 2\sigma$ vymezuje pravděpodobnost 95,45% a pro $k = 3$ tj. $\bar{X} \pm 3\sigma$ vymezuje pravděpodobnost 99,73%. V intervalu $\langle -\Delta X_{\max}, +\Delta X_{\min} \rangle$, který je široký dle volby hodnoty součinitele „k“, je výsledek měření veličiny „x“ [5, 22].

3.2.2 Nejistoty typu B

Standardní nejistoty typu B – u_B jsou způsobovány známými a odhadnutelnými příčinami vzniku. Jejich identifikaci a základní hodnocení provádí experimentátor. Jejich určování nebývá vždy jednoduché. U složitých měřících zařízení a při zvýšeném požadavku na přesnost, se musí provést podrobný rozbor chyb, což vyžaduje značné zkušenosti. Tyto nejistoty vycházejí z různých zdrojů a výsledná nejistota typu B je dána jejich sumací - přitom nezávisí na počtu opakovaných měření.

Nejistoty typu B zahrnují všechny ostatní zdroje nejistot, které nejsou zahrnuty ve standardní nejistotě typu A přičemž vyhodnocení nejistoty není založeno na statistickém zpracování dat. Ovšem vzhledem k dalšímu zpracování nejistot je nutné nejistotu typu B vyjádřit ve tvaru směrodatné odchylky nebo rozptylu. Standardní nejistoty typu B jsou stanoveny na základě všech možných informací a odhadnutelných příčin vzniku.

Postup při určování nejistot typu B:

- 1) Vytipují se možné zdroje nejistot $Z_1, Z_2 \dots Z_n$.
- 2) Určí se standardní nejistoty typu B u_{BZ_j} každého zdroje nejistot (převzetím hodnot z technické dokumentace, technické normy, údaje výrobce,... nebo odhadem).

Postup:

- Odhadne se maximální rozsah změn $\pm \Delta z_{\max}$ (např. od měřené hodnoty). Velikost Δz_{\max} se volí tak, aby její překročení bylo málo pravděpodobné.
- Uváží se, které rozdělení pravděpodobností nejlépe vystihuje výskyt hodnot v intervalu $\pm \Delta z_{\max}$ a z tabulky rozdělení pravděpodobností odečteme konstantu k .

Je-li pravděpodobnost výskytu hodnot v okolí středu intervalu vyšší než výskyt hodnot v krajích intervalu použijeme normální rozdělení. V případě že rozdělení pravděpodobností

odchylek v intervalu $\pm \Delta z_{\max}$ je přibližně stejné, nebo ho není možné zodpovědně posoudit, předpokládá se stejná hodnota pravděpodobnosti pro všechny odchylky, a tak volíme rovnoměrné rozdělení [5, 22].

- Určí se nejistoty typu B z jednotlivých zdrojů Z_j ze vztahu:

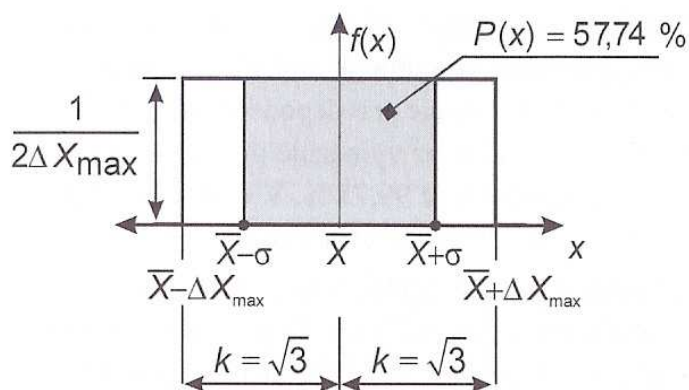
$$u_{Bz} = \frac{\Delta z_{\max}}{k} \quad (2.6)$$

Hodnota k , závisí na druhu rozdělení. Tato konstanta udává poměr maximální hodnoty Δz_{\max} ke směrodatné odchylce normálního rozdělení.

3) Celková nejistota typu B je dána geometrickým součtem nejistot jednotlivých zdrojů:

$$u_B = \sqrt{\sum_{j=1}^m u_{Bz}^2} \quad (2.7)$$

Pro odhadnuté normální rozdělení se podle obrázku volí $k = 2$ nebo $k = 3$ pro odhadnuté rovnoměrné (obr. 3.2) rozdělení, které je pro stanovení standardní nejistoty nejčastěji používané, se volí $k = \sqrt{3}$. Kromě uvedených rozdělení se pro stanovení standardních nejistot někdy používají i jiná rozdělení jako je trojúhelníkové, lichoběžníkové aj [4, 22].



Obr. 3.2: Statistické rovnoměrné (Pravouhlé) rozdělení[22].

Pro rovnoměrné rozdělení, které je zobrazeno na obrázku jsou pro rozptyl D a směrodatnou odchylku σ dány vztahy:

$$D(\bar{X}) = \frac{[\Delta X_{\max} - (-\Delta X_{\max})]^2}{12} = \frac{\Delta X_{\max}^2}{3} \quad (2.8)$$

$$\sigma(\bar{X}) = \sqrt{D(\bar{X})} = \frac{\Delta X_{\max}}{\sqrt{3}} \quad (2.9)$$

V intervalu $\langle -\Delta X_{\max}; +\Delta X_{\min} \rangle$ je výsledek měření veličiny „x“ s pravděpodobností 100% [22].

3.2.3 Kombinovaná standardní nejistota

Kombinovaná standardní nejistota $u_c(x)$ se skládá z obou základních typů nejistot A a B a je dána vztahem:

$$u_c(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)} \quad (2.10)$$

Pokud je jeden typ nejistot větší než druhý typ alespoň 4 x je možno druhý typ zanedbat [22].

4 Analýza dostupných technologií měření spotřeby paliva a výběr vhodné metody pro vybrané vozidlo.

Palivové systémy automobilů a způsob měření množství paliva v palivové nádrži se v minulosti nedoznalo žádných změn od samého počátku vzniku automobilu. Technický svět se smířil s elementárním velice jednoduchým měřením pomocí plováku a s odečítáním jeho výšky ode dna palivové nádrže v závislosti na výšce hladiny paliva v nádrži. To poskytovalo nepřesný a jen informativní údaj o celkovém množství paliva. Nepřesnosti tak způsobovala i každá změna polohy vozidla (naklonění) i vzhledem k tomu, že nádrže jsou většinou konstrukčně řešeny jako ploché nádoby s poměrně členitými boky.

Při dnešní celosvětové snaze o snižování spotřeby paliva se tedy stává aktuální i potřeba přesného měření jeho množství v palivové nádrži. Stav dnešních technologií a materiálů je značně pokročilý. Zejména elektronika je na vysokém stupni vývoje a tedy nabízí dosud nevídané možnosti v jejich aplikacích i v tak elementárních technických principech jako je právě měření množství paliva v nádrži. Řešení tohoto úkolu by mělo přinést jednoduchý, přesný a cenově nepřiliš náročný systém měření množství paliva.

Výdaje za palivo dnes také představují přibližně 40 % všech nákladů na provoz vozidla. Jedná se o natolik podstatnou nákladovou položku, že si jistě zaslouží pozornost při provozu jakékoliv dopravní firmy.

Praktické zkušenosti s využití různých systémů ukazují, že důsledným sledováním skutečné spotřeby paliva se dají uspořit nemalé finanční prostředky. Úspory v řádu několika litrů na 100 km představují při současných kilometrových výkonech vozidel obrovské částky. Řada společností tak nabízí systémy měření sledování spotřeby paliva různými druhy měření.

Ve spojení se školením ekonomické jízdy lze dosaženou spotřebu vozidel nejen udržet po delší časové období, ale i dále snížit [8].

4.1 Měření spotřeby

Měření spotřeby a hladiny paliva v nádrži lze provádět několika způsoby. Způsob měření závisí na technických vlastnostech vozidla, na kterém bude měření prováděno.

V současnosti mezi nejčastější způsoby měření spotřeby paliva patří:

- 1) Měření průtokoměrem

2) Měření systémovou sběrnici CAN-BUS / FMS

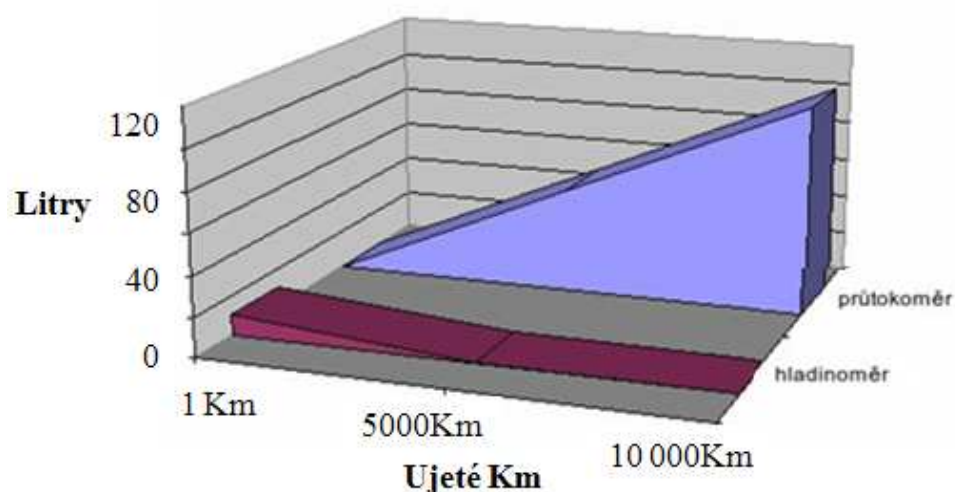
3) Měření na nádrži

- Měření na nádrži vozidla s přídavným hladinoměrem
- Měření na nádrži bez přídavného hladinoměru

4.1.1 Měření průtokoměrem

Měření průtokoměrem je založeno na měření rozdílu objemového množství paliva, které je dodáváno motoru a rozdílem paliva, které je spalovacím motorem nespotřebováno.

Průtokoměr je měřidlo, které nám přesně ukáže způsob jízdy jednotlivých řidičů. Zaznamenává jak průměrnou, tak i okamžitou a celkovou spotřebu paliva. Výhoda, je také v tom, že si spotřebu může kontrolovat i sám řidič. Nevýhodou sledování paliva průtokoměrem je, že nemůžeme sledovat skokové úbytky paliva v nádrži. Další nevýhodou je, že průtokoměr má přesnost měření s přesností okolo 3% podle výrobců. Při této nepřesnosti je nutné si uvědomit, že nákladní automobily mají velkou spotřebu paliva kolem 35 litrů na 100 km. Lokomotivy případně pracovní stroje mají ještě daleko větší spotřebu, a z toho je zřejmé, že chyba měření se s velkým množstvím protékaného paliva neustále navyšuje. Při takové hodnotě spotřeby se dostáváme k velkým hodnotám objemu paliva, o kterém nedokážeme říct, zda bylo spotřebováno daným vozidlem, nebo došlo k úniku či odcizení paliva z nádrže. Zjištěné údaje umožňují kromě kontroly spotřeby pohonných hmot také posoudit úspornost (hospodárnost) vozidel strojů v každém rozsahu nasazení.



Obr. 4.1 Porovnání chyby měření hladinoměru a průtokoměru [12].

Průtokoměrem by se dala zjišťovat i porucha v palivovém okruhu, ale to jen v případě, když by se porucha nacházela v palivové části mezi nádrží a průtokoměrem v přímé větvi. Při poruše v palivovém okruhu by se porovnáním hodnot naměřených při tankování paliva a hodnot naměřených průtokoměrem, dospělo k zjištění značného rozdílu obou naměřených hodnot. To by znamenalo, že při přesnosti měření $\pm 3\%$, by rozdíl hodnot větších než 3% objemu nádrže naznačoval vznik poruchy v palivovém okruhu.

Na měřicí zařízení se dvěma průtokoměry jsou kladeny požadavky na dosažení správného výsledku měření spotřeby paliva. Při každém měření by bylo vhodné zjišťovat současně teplotu paliva v přístrojích k měření průtoku v přítokové i zpětné větvi, aby bylo možné počítat s teplotní korekcí protékaného objemu paliva. Takže při použití této metody by bylo vhodné umístit do přístrojů čidla k měření teploty protékaného paliva. Následné vyhodnocení by probíhalo v počítači přístroje a zobrazené prostřednictvím displeje [12, 18].

4.1.2 Měření systémovou sběrnici CAN-BUS / FMS

CAN-BUS FMS je taková jednotka ve vozidle, která umožní připojení vnějšího systému na vnitřní počítačový systém vozidla. Systém pracuje na kabelovém propojení všech datových jednotek. Informace, kterou měříme, pak odpovídá stavu pohonných hmot (PHM) v nádrži, tak jak ji měří vozidlo použitím stávajícího plováku vozidla. V tomto případě spotřebu PHM vypočítá palubní počítač a tyto údaje beze změn odešle jednotka serveru na zpracování. Výhodou tohoto měření je snadná montáž. Není tedy třeba pořizovat si žádné další zařízení. Vystačíme si pouze s GPS jednotkou, a tak se nám neprodražuje montáž do vozidel (žádné propojování se stávajícím plovákem, jeho kalibrace...). U moderních automobilů je na tento systém napojena prakticky celá elektronická soustava (například sledování otáček, vstřikování paliva, zapalování, stav tachometru, ABS a další). Rychlým propojováním dat je dosaženo perfektní souhry všech elektronických komponentů. V současnosti je taková tendence vývoje, že se výrobci u nákladních vozidel stále více snaží o to, aby posílání dat bylo provedené přes vnitřní síť zabudovaného počítače vozidla. V těchto případech je právě řešením měření potřebných parametrů přes CAN-BUS a FMS sběrnici. Tato jednotka nepatří do základní výbavy každého nového vozu, ale je možné ji doobjednat [18].

Typy vozidel, u kterých je instalována nebo je možné doobjednat jednotku CAN-BUS / FMS.

- MERCEDES
- MAN
- Scania
- DAF
- IVECO
- Volvo
- Renault

4.1.3 Měření na nádrži

a) Sledování spotřeby paliva pomocí stávajícího hladinoměru

Tento systém využívá k měření paliva stávající hladinoměr umístěný v nádrži daného vozu. Speciální elektronika předává informace o spotřebě paliva dané instalované měřicí jednotce, která zasílá údaje do GPS centra a odtud přímo zákazníkovi. Dispečer pak může na každé jednotlivé jízdě sledovat chování hladiny PHM a zákazník tak má stálý přehled o stavu paliva v nádrži. U tohoto měření se chyba měření celého systému pohybuje obvykle mezi 2 až 5 % v závislosti na použitém hladinoměru ve vozidle.

Výhody řešení:

- Není nutná instalace dalšího hladinoměru do nádrže vozidla
- Jednoduchá montáž
- Nižší pořizovací cena oproti jiným měření
- Systém přenáší informace o stavu hladiny i během jízdy
- Možnost instalace na všechna vozidla a stroje, která disponují vlastním měřením paliva (v některých případech nelze na dané sledování použít klasický způsob měření pomocí přídavného hladinoměru, zvláště u malých dodávek a osobních aut)
- Osazení tímto systémem nelze nijak rozpoznat [13, 14, 11].

b) Sledování spotřeby paliva s přídavným hladinoměrem

Pro zákazníky požadující vysokou přesnost měření, lze systém měření paliva rozšířit přidáním přídavného hladinoměru, který se nainstaluje přímo do palivové nádrže vozidla. Tento systém umožňuje přesně měřit hladinu paliva u vozidel nebo strojů, u kterých není

možné se připojit na stávající plovák, nebo jeho přesnost je nedostačující. Naměřené hodnoty lze využít k detekování tankování či krádeží paliva. Slouží k zpřesnění výpočtu průměrné spotřeby paliva vozidlem. U tohoto typu měření je vždy nutné technicky zhodnotit, zda je instalace přídavného hladinoměru do palivové nádrže reálná a technicky proveditelná.

Při požadavku maximální přesnosti měření, se využívá kapacitní sonda nádrže s kompenzací teplotní roztažnosti nafty. Tato metoda je v podstatě nejpřesnější a je využívána výrobcí zejména u velkoobjemových nádrží, například u těžkých zemědělských strojů.

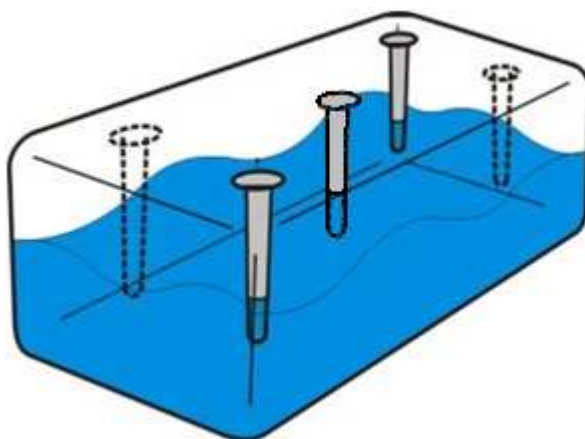
Sledování tímto systémem je vhodné pro nádrže nad 600 litrů objemu a pro dvě spojené nádrže. Do nádrže se nainstaluje určitý typ snímače (podle zohlednění principu přesnosti hladinoměru). Rozlišení výšky hladiny se udává většinou v rozsahu několika málo milimetrů, záleží na přesnosti použitého měřáku. Celý systém pak pracuje s přesností 1 až 2 % v závislosti na typu nádrže a použitém hladinoměru.

Díky přímé kalibraci hladinoměru na vozidle a důkladnému zpracování dat se dosahuje vysoce přesného měření. Zákazník má dokonalý přehled o změnách stavu paliva v nádrži, tankování či odčerpání pohonných hmot. Na rozdíl od kontroly spotřeby pomocí průtokoměru lze u digitálního měřáku identifikovat čas, množství a místo tankování či odčerpání a zamezit tak případným krádežím pohonných hmot. Jednotka ve spojení se sondou dokáže odhalit krádež paliva v reálném čase a vyvolat alarmový poplach např. SMS zprávou.

Montáž zařízení na měření paliva trvá několik málo hodin. Vozidlo je nutné přistavit s minimálním množstvím paliva v nádrži, aby bylo možné po dokončení montáže provést kalibraci zařízení. Ta se provádí postupným doplněním nádrže na maximum a průběžným odečítáním naměřených hodnot. Kalibrační hodnoty se poté zadají do systému. Od tohoto okamžiku je pak možné sledovat stav paliva přímo v litrech [13, 16, 10].

4.2 Umístění palivoměru v nádrži

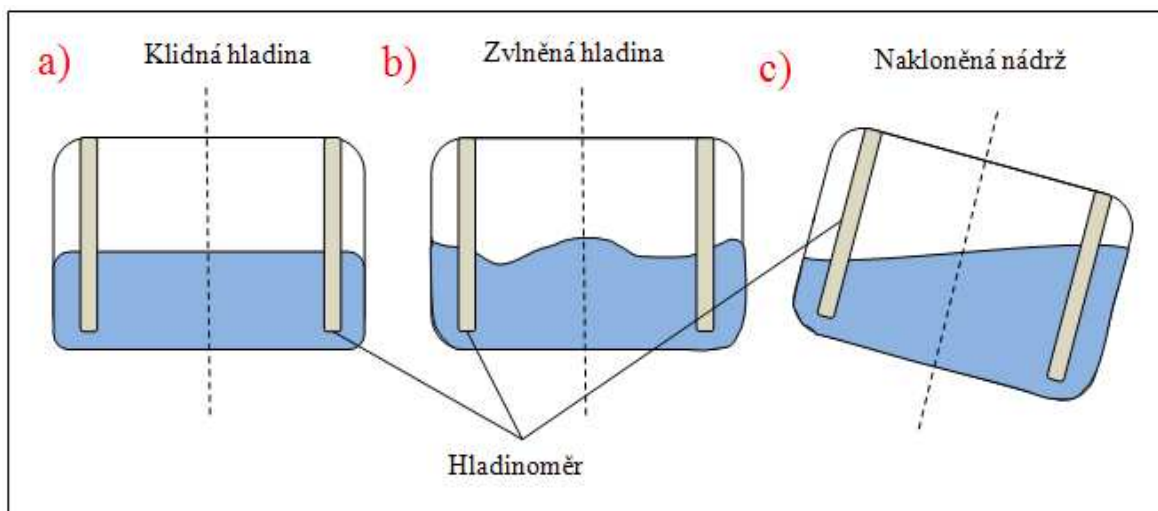
Při instalaci hladinoměru záleží na správné poloze umístění v nádrži. Nevhodným umístěním plováku, bychom hladinu měřily s větší nepřesností v závislosti na změně polohy nádrže. Proto se palivoměr umísťuje do středu nádrže, kde se změna polohy hladiny nejméně projevuje. Dalším řešením je umístění tří palivoměrů v úhlopříčce nádrže viz *obr. 4.2*, kde se výsledný stav hladiny vypočítá jako průměr naměřených hodnot a tím se eliminuje případné naklonění hladiny v nádrži.



Obr. 4.2. Umístění palivoměru v nádrži [12].

Porovnání měření při změně polohy hladiny

Při měření paliva v nádrži pomocí hladinoměru musí být hladina ve vodorovné poloze, aby dané měření bylo co nejpřesnější. Každé rozvlnění hladiny (*obr. 4.3*) způsobuje chybu v měření, která je při dnešním požadavku sledování paliva neakceptovatelná. Některé společnosti zabývající se touto problematikou sice měří stav paliva i během jízdy, ale jelikož se při jízdě mění poloha hladiny, vykazuje toto měření znatelnou chybu v rozsahu i několika litrů (podle velikosti nádrže). Proto se měření stavu paliva v nádrži, realizuje před a po každé jízdě vozidla (případně na začátku a na konci pracovní doby), kdy je hladina klidná a dosahuje se velmi přesných údajů o objemu paliva.



Obr. 4.3. Porovnání hladin v nádrži

4.3 Nejistoty měření

Přesnosti měření se rozumí do jaké míry odpovídá výsledek měření skutečnosti, tj. informace o tom na kolik je naměřená hodnota blízká skutečné hodnotě měřené veličiny. Je-li měření složitější bude konečný výsledek měření závislý na mnoha vlivech. Přesnost měření se vyjadřuje pomocí nejistoty měření. Nejistoty se podle způsobu vyhodnocení dělí na dvě hlavní skupiny. Nejistoty typu A a nejistoty typu B (viz. kapitola 2.2). Nejistotu typu A stanovíme statistickým zpracováním naměřených hodnot. Nejistota typu B zahrnuje všechny ostatní typy nejistot, které nejsou započteny v nejistotě typu A.

Zdroje nejistot typu B u hladinoměřů:

Nejvýznamějším z přispívatelů k nejistotě měření typu B je samotná nádrž. Při měření je vždy nutné převádět naměřenou výšku hladiny kapaliny v nádrži na objem. To se dělá při použití tabulek určujících objem nádže v závislosti na výšce. Jakákoliv nejistota přítomná v této tabulce se tudíž mnohonásobí a to bez ohledu na kvalitu instalovaného zařízení.

Významným zdrojem je také kolísání teploty. Teplota ovlivňuje hustotu měřeného paliva a tedy i celkový objem paliva obsaženého v nádrži. Nejistoty jsou také vyvolané změnou polohy hladiny paliva během jízdy a nejistotou samotného přístroje k měření.

Zdroje nejistot typu B u průtokoměrů:

Při měření vznikají následující chyby: Vzhledem k tomu, že spotřeba paliva je daná rozdílem hodnot $Q1$ (průtok v přímé větvi) a $Q2$ (průtok ve zpětné větvi), je nutné uvážit přesnost přístrojů na měření v obou větvích. Největší chyby vznikají při měření spotřeby paliva v přítokové a zpětné větvi při relativně velkém průtokovém množství a malém rozdílu $Q2 - Q1$, tzn. při měření spotřeby na volnoběh.

Nejistoty průtokoměrů mohou být způsobené také změnou parametrů paliva a nejistotou samotného průtokoměru při měření.

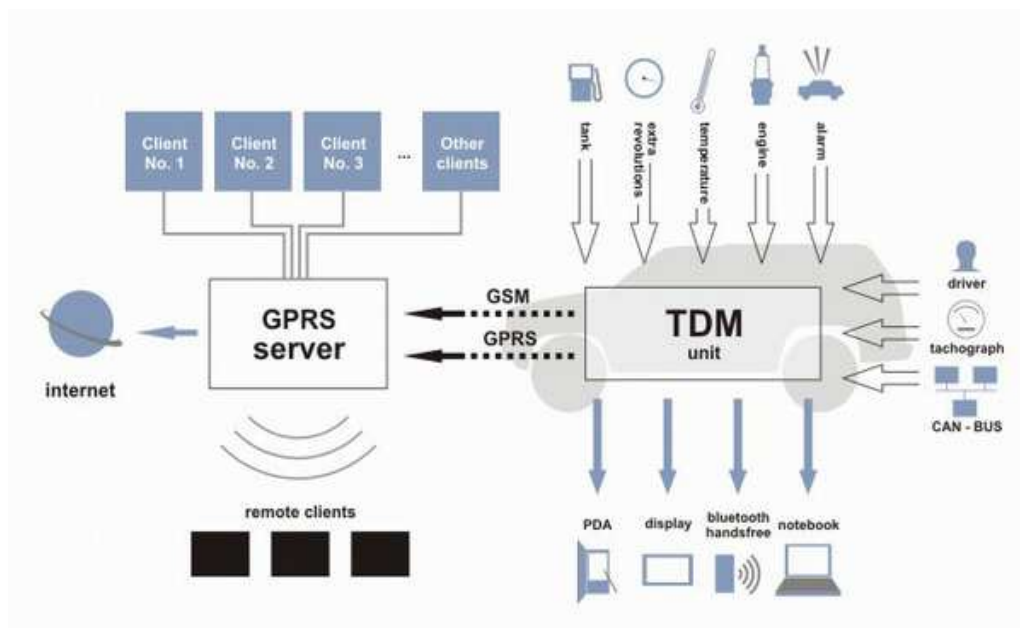
4.4 Systémy monitorující spotřebu paliva

4.4.1 Systém Truck Data Memory

TRUCK DATA MEMORY (TDM, *obr 4.4*) je systém monitorující provoz, polohu a provozní náklady spojené se spotřebou pohonných hmot vozidla, pracovního stroje. Získaná data se zpracovávají a ukládají v ústředně TDM instalované ve vozidle a tyto záznamy lze pomocí technologie GSM/GPRS přenést do softwarové aplikace TDM. Softwarový produkt TDM umožňuje efektivní zpracování, vyhodnocení a prezentaci dat.

Systém Truck Data Memory umožňuje:

- sledování činnosti provozu vozidla (ujeté kilometry, doba jízdy, účel jízdy)
- sledování výkonnostních veličin (otáčky motoru v různých režimech)
- sledování aktuálního stavu paliva v nádrži (úbytky, přírůstky, spotřeba)
- získávání aktuálních pozic vozidla za pomoci systému GPS
- on-line přenos dat GSM/GPRS
- možnost sledování činnosti přídatného zařízení (vytápění vozidla, lžíce bagru apod.)



Obr. 4.4 Schéma systému TDM [11].

Ústřední jednotky systému TDM

Ústředny TDM jsou určeny k automatické registraci jednotlivých jízd uskutečněných vozidlem. Tím vytvářejí podklady pro přesnou evidenci pohybu vozidla a nákladu na provoz. Zároveň lze sledovat i vytiženost jednotlivých vozidel a následně provádět analýzu provozu autoparku.

Ústřední jednotka TDM-GSM provádí několikerý záznam dat:

Provozní záznam

Získané informace jsou zpracovány do záznamů mající přímou souvislost s provozem vozidla, např. jízda, tankování a úbytek paliva.

Možná data v provozním záznamu:

- doba trvání jízdy
- ujetá vzdálenost
- maximální rychlost vozidla
- doba překročené dovolené maximální rychlosti
- doba chodu motoru naprázdno
- doba chodu přídatného zařízení
- stav paliva v nádrži

GSM komunikace

GSM komunikace umožňuje v systému TDM zabezpečený přenos dat - záznam jízdy, dat snímkového záznamu. Přenos dat se uskutečňuje spojením na základě požadavku dispečinku nebo automaticky pomocí technologie GPRS. Informaci o aktuální poloze, nebo alarmové události lze získat prostřednictvím SMS. Tyto SMS zprávy jsou zasílány na dispečink automaticky nebo na základě požadavků dispečinku. SMS komunikace nalezne uplatnění především v Roamingu.

GPRS server

Program umožňuje komunikaci mezi vozidlem a hlavní databází v programu TDM2009 prostřednictvím GPRS technologie. Vozidla se automaticky hlásí prostřednictvím sítě internet na GPRS server. Po vytvoření spojení, jsou veškerá data, automaticky přenesena do databáze. Tyto data mohou být posléze přeposílána na jiný, libovolný vzdálený počítač v síti internet [11].

Sledování spotřeby

K měření výšky hladiny paliva v nádržích motorových vozidel slouží reléový hladinoměr (*obr. 4.5*). Spotřeba množství paliva se udává jako, průměrná spotřeba na 100 km.

- hladinoměr je nainstalován v nádrži vozidla schváleným způsobem dle Elektrotechnického zkušebního ústavu
- nabízí možnost snímání stavu paliva v nádrži, jednotka TDM[®] zaznamenává stav paliva v nádrži po každé jízdě i v průběhu jízdy
- identifikuje a zaznamenává tankování v reálném čase a množství (v litrech) samostatně ve výpisech, které lze porovnat s výpisy od čerpadel PHM nebo elektronických platebních systémů
- identifikuje úbytek paliva z nádrže v reálném čase a množství (v litrech) 24 hodin denně



Obr. 4.5 Reléový hladinoměr TR [11].

Garantovaný způsob měření stavu paliva

- zařízení TDM[®] měří a zaznamenává s přesností v rozsahu 0-255 N (hodnota N je vlastní jednotka měření)
- při velikosti nádrže 255 litrů to znamená, že 1l=1N, přesnost záznamu je +-1N
- přesnost záznamu tankování je rovněž +-1N (cca 2 litry při tankování cca 200 l = cca 1%)
- přesnost snímání stavu hladiny je $\pm 2\%$, přesnost měření je závislá na kalibraci nádrže.
- přesnost záznamu stavu paliva po jízdě +-1N (cca 2 litry)
- absolutní chyba měření se nesčítá, ale naopak snižuje počtem záznamů
- přesnost záznamu úbytků paliva z nádrže je +-1N [11].

4.4.2 Systém Echo Track

Systém Echo Track (*obr. 4.6*) je komplexní on-line řešení pro monitorování vozidel, jehož základem je satelitní identifikace a navigace GPS. Systém sbírá informace o trasách, zastávkách a stavu vozidel (např. otáčky motoru, spotřeba pohonných hmot, teplota nákladového prostoru) a odevzdávat je na řídicí počítač prostřednictvím mobilní telefonní sítě.

Uživatelům se údaje o vozidlech zobrazují na přehledných mapách, v tabulkách nebo v grafech. Je to variabilní a otevřený systém, který je možné v širokém rozsahu přizpůsobit individuálním požadavkům zákazníka.



Obr. 4.6 Schéma systému Echo Track[14].

Mobilní jednotka EchoTrack (obr. 4.7)

- Je konstruována s ohledem na maximální odolnost a spolehlivost
- Nevyžaduje aktivní přístup řidiče (vkládání údajů, potvrzování apod.)
- Provedením a zabezpečením eliminuje snahu o její vyřazení z provozu (interní záložní zdroj, masivní kovové pouzdro, všechny konektory jsou ukryty uvnitř).
- Automatická detekce nekorektního chování řidiče.
- Zvýšená odolnost vůči vibracím, teplotním změnám a prachu jsou použity nejmodernější technologie.



Obr. 4.7 Mobilní jednotka Echo Track[14].

Měření paliva AURIS

Kromě jiných vlastností systému EchoTrack jako, (vyhodnocování polohy, rychlosti, kniha jízd...) se klade důraz především na měření spotřeby PHM. Tato problematika se řeší následujícími způsoby:

1. Měření hladiny paliva na stávajícím plováku vozidla

- nevýhody: nižší přesnost (dle typu a značky)
- výhody: nízké pořizovací náklady, snadná instalace, prakticky žádné viditelné zásahy do vozidla, u novějších vozidel postačí pro detekci čerpání a spotřeb za delší období.

2. Vybavení vozidla přídatným plovákem AURIS

Jedná se o trubkový plovák pracující na principu spínání magnetických relé; na 1 cm výšky hladiny připadají 3 snímače

- nevýhody: pořizovací cena, nutnost vrtání nádrže, delší instalace
- výhody: tento trubkový plovák dosahuje přesnosti 0,5%, možnost měřit hladinu paliva i při vypnutém vozidle

3. Odečítání údajů přímo ze systémové sběrnice CAN-BUS

- nevýhody: jen pro novější vozidla (cca 2 – 3 roky staré), přesnost závislá na výrobci, často je poměrně přesný údaj o okamžité spotřebě, avšak celková spotřeba za období se počítá méně přesně
- výhody: nízké pořizovací náklady (je-li vozidlo vybaveno rozhraním CAN-BUS), soulad s palubním počítačem vozidla, získání dalších provozních veličin vozidla (otáčky, kroutící momenty, řazení...)
- v současné době je možno připojit jednotku EchoTrack k systémové sběrnici vozidel MAN, SCANIA, DAF.

4. Měření průtokoměrem

- nevýhody: vysoké pořizovací náklady, možnost ucpání palivových přívodů, zdlouhavá instalace
- výhody: přesná informace o množství skutečně spáleného paliva[14].

4.4.3 Systém Fuel Track

FuelTrack je moderní systém sledování provozních veličin vozidel a strojů, který je svým vynikajícím poměrem výkon/cena dostupný i firmám, které si doposud nemohly vzhledem k vysokým cenám konkurenčních řešení podobný systém dovolit. Jednotka FuelTrack shromažďuje informace o provozních veličinách, jako je například stav hladiny PHM v nádrži, aktuální otáčky motoru, polohu a rychlost vozidla atd. Tyto informace následně předává nadřazenému systému, jednotce CarNet. Zákazník má pak možnost sledovat vývoj těchto údajů přímo v portálové aplikaci systému CarNet on-line. Pro off-line sledování těchto veličin nabízí možnost využití systému FuelTrack RMT. Jednotka FuelTrack RMT umožňuje shromažďovat provozní informace. Tyto informace následně jednotka předá bezdrátově na dispečerské pracoviště ihned po návratu vozidla na základnu firmy [13].

Sledování stavu paliva v nádrži

Sledování stavu PHM v nádrži provádí tato firma na základě 2 metod. Informaci o stavu hladiny přenáší vždy po celou dobu jízdy vozidla, nebo práce stroje. Díky tomuto lze přesně určit, kdy a za jakých okolností k pohybu PHM v nádrži došlo.

1. Sledování paliva bez přídavného hladinoměru

První metodou je měření na stávajícím hladinoměru. Jednotka FuelTrack vyhodnotí údaje ze stávající originální sondy výrobce vozidla, nebo stroje a předá speciálně vyfiltrované hodnoty ke zpracování systému CarNet. Přesnost měření touto metodou se pohybuje v rozmezí 2-5% a závisí výhradně na konstrukci stávajícího hladinoměru. Výhodou tohoto provedení je bezesporu jeho neinvazivnost, tedy žádné vrtání do nádrží. Osazení tímto způsobem také nelze nijak rozpoznat. Metoda je obecně vhodná pro menší nádrže, které mají originální hladinoměr s přijatelným rozlišením, popřípadě pro takové nádrže, do kterých nelze z určitých důvodů umístit externí sondu.

2. Sledování paliva FuelTrack s přídavným hladinoměrem

Druhá metoda spočívá v instalaci magneticky spínaného tyčového hladinoměru EXT, popřípadě kapacitní sondy do palivové nádrže. Tato metoda je vhodná pro nádrže nad 600 l objemu, popřípadě spojené nádrže. Hladinoměr pracuje s rozlišením výšky hladiny 4mm. Tělo hladinoměru je vyrobeno z nerezového materiálu a deklarovaný počet sepnutí je 10^9 .

Tyto parametry zajišťují vysokou spolehlivost celého systému a v podstatě doživotní záruku funkce na dané instalaci. Nejistota měření tímto systémem se pohybuje v rozmezí 1-2% v závislosti na typu nádrže. Tento způsob měření lze ještě více zpřesnit nasazením teplotní kompenzace roztažnosti paliva. Tato kompenzace, pak umožňuje sledovat vývoj teploty PHM v nádrži a lze tak porovnat, jestli za nežádoucím pohybem stavu paliva není právě prudká změna teploty obsahu nádrže.

Úspora paliva a zvýšení výkonu motoru

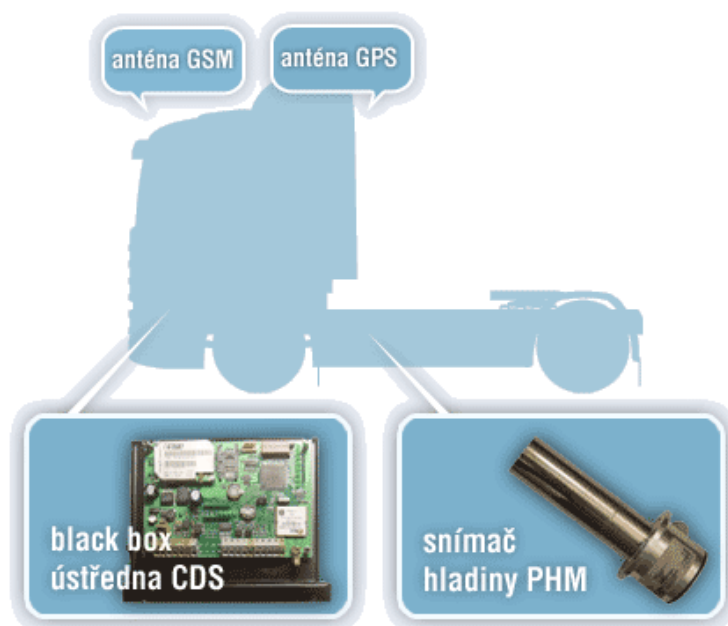
Pro nákladní vozidla a zemědělské stroje nabízí Fuel Track možnost úpravy programu řídicí jednotky motoru. Po úpravě se tak dosáhne vyššího krouticího momentu, využitelného v nižších provozních otáčkách motoru. Tato změna má za následek snížení spotřeby a zvýšení výkonu motoru. U nákladních vozidel se tak běžně dosahuje snížení spotřeby v rozmezí 2-5 litrů na 100 kilometrů trasy. U zemědělských strojů se pak jedná o nižší spotřebu a zvýšení výkonu motoru při připojení různých pracovních nástrojů v nominálních otáčkách stroje[13].

4.4.4 Systém Car Data Systém

Společnost CDS se zabývá elektronickými systémy pro silniční a kolejová vozidla. Nosným programem společnosti je vývoj, výroba a distribuce vlastního zařízení, které umožňuje uživateli sledování provozních stavů vozidla (sledování paliva v nádrži) a následně jejich vyhodnocení pomocí software.

1) Hardwarová část je tvořena: Ústřednou CDS, Snímačem hladiny PHM, Anténou přenosu dat, Čtečkou a identifikační kartou řidiče.

- zjišťuje přenos všech sledovaných dat např. měření spotřeby, úspora nafty, on-line sledování vozidel, polohu vozidel v reálném čase, čas a množství natankovaného paliva apod.
- zjištěné parametry se zapisují do paměti mikropočítačového systému, a to bez zásahu obsluhy - řidiče.
- naměřené a uložené údaje se přenášejí do centrální uživatelské databáze.



Obr. 4.8 Schéma systému Car Data Systém[10].

2) Softwarová část - Car Data Software je počítačový program, který zpracovává informace z "black boxů" umístěných ve vozidlech.

Provozní záznamy se přenášejí z vozidel do databáze na server. Pro přenos dat zaznamenaných v "black boxu" zabudovaných ve vozidle lze použít jeden z níže uvedených způsobů přenosu dat:

- pomocí datových přenosů v síti GSM nově systémem GPRS přenosy
- přenosem dat pomocí počítače PALM přímo z vozidla a následně do PC
- bezkontaktním rádiovým přenosem na krátkou vzdálenost na volné frekvenci 400 MHz

CDS poskytuje reálná naměřená data.

- Určení v reálném čase množství natankovaného případně zcizeného paliva v nádrži vozidla.
- Množství natankovaného paliva lze snadno porovnat s výpisy od čerpadel PHM
- Měří pohyb hladiny paliva v nádrži, nikoliv průtok z nádrže či zpět.
- Nezapisuje hodnotu výšky hladiny paliva za jízdy, ale pouze po ukončení jízdy, bez jakýchkoliv aproximací.
- Měří vždy reálnou hodnotu stavu paliva v nádrži po jízdě.

- Měří skutečně ujetou vzdálenost, ze signálu od točících se kol vozidla, nikoliv vypočítanou z mapového podkladu na rozdíl od konkurenčních výrobců

Způsob měření paliva:

Unikátní způsob měření spotřeby a stavu paliva je realizován pomocí vestavné sondy LMK 385 (obr. 4.9). Tento snímač byl navržen speciálně pro měření výšky hladiny nafty a vyznačuje se především dlouhodobou životností díky svému provedení a konstrukci. Použitím kapacitního keramického senzoru je dosaženo vynikajících měřicích vlastností a díky čelnímu umístění tlakových senzorů je umožněno nasazení v hustých nebo znečištěných mediích. Samotná sonda pracuje s vlastní přesností 0,35%, celý systém pak pracuje s nejistotou měření kolem 1%.



Obr. 4.9 Sonda LMK 385[21].

- Spotřebu paliva měří speciální elektronickou sondou mimo palivovou soustavu vozidla.
- Nízká teplotní chyba
- Měření provádí bez zásahu do stávajícího měření a bez mechanických částí.
- Měření probíhá v reálném čase.
- Sonda snímá nepřetržitou hodnotu stavu paliva, nikoliv po skocích.
- Tento snímač má dlouhodobou životnost díky svému provedení a konstrukci[10].

4.4.5 Systém Ramon communication

Průtokoměr EDM 1404 je výrobkem firmy VDO Kienzle (*obr. 4.10*). Jedná se o elektronický přístroj k zachycení spotřeby pohonných hmot dieselových motorů strojů a vozidel. Spotřeba pohonných hmot je počítána elektronickým počítadlem, a může být zobrazena např. prostřednictvím displeje. Zjištěné údaje umožňují kromě kontroly spotřeby pohonných hmot také posoudit úspornost (hospodárnost) vozidel a motorů strojů v každém rozsahu nasazení. Řidič může monitorovat a optimalizovat hospodárnost svého vozidla.



Obr. 4.10. Instalační zařízení průtokoměru EDM 1404 VDO Kienzle[15].

Elektronický průtokoměr EDM 1404 pomáhá snižovat spotřebu pohonných hmot tím, že je zjišťována reálná spotřeba paliva a odkrývají se tak možné potenciály úspor. Při montáži zařízení EDM 1404 jsou nutné zásadní zásahy do oběhu paliva ve vozidle. Funkce měřicího systému a bezpečnost provozu vozidla resp. motoru může být zajištěna pouze tehdy, je-li průtokoměr EDM 1404 namontován při dodržení všech montážních pokynů a bezpečnostních předpisů.

Průtokoměr EDM 1404 je použitelný pro naftové motory a vozidla s oběhy nebo vstříkovacími systémy, jako jsou:

- mechanická a elektronická řadová vstříkovací čerpadla
- mechanická a elektronická rozdělovací vstříkovací čerpadla
- vstříkovací systémy čerpadlo-vedení-tryska
- čerpadlo-tryska-jednotka

Výrobce průtokoměru udává přesnost měření po dokalibrování cca. $\pm 3 \%$. Přesnost měření ujeté vzdálenosti je $\pm 1 \%$. V praxi se používá převážně dvoukomorový průtokoměr.

První měřicí komorou se počítá chod paliva vpřed (směr od nádrže do motoru), druhou měřicí komorou se počítá chod paliva zpět (od motoru do nádrže). Zpětný chod znamená vrácení přebytečného, do motoru dopraveného, ale nespotřebovaného paliva zpět do nádrže. Elektronika, integrovaná v průtokovém senzoru, vypočítává z rozdílů mezi naměřeným průtokem chodu vpřed resp. zpět skutečnou hodnotu spotřeby paliva. Tento údaj je předáván v podobě elektronického signálu dále, např. do zařízení GPS Recorder, kde je zaznamenán do paměti společně s ostatními informacemi o pohybu vozidla[15].

4.5 Porovnání systémů zabývajících se sledováním PHM

V tabulce 4.1 a 4.2 jsem provedl porovnání jednotlivých společností zabývajících se problematikou měření spotřeby paliva, podle způsobu možnosti sledování PHM a způsobu přenosu naměřených hodnot. V současné době máme mnoho možností a velký výběr jednotlivých zařízení na sledování stavu paliva, proto každá firma preferuje jiný způsob měření, který považuje za nejlepší.

	Možnosti sledování spotřeby paliva				Způsob přenosu dat	
Systémy měření	Průtokoměr	Přídavný hladinoměr	Na stávajícím plováku	CAN-BUS	Off-line	On-line
Systém Truck Data Memory	Ne	Reléový hladinoměr TR	Ne	Ne	Ano	Ano
Systém EchoTrack	Ano	Hladinoměr AURIS	Ano	Ano	Ano	Ano
Systém Fuel Track	Ne	Hladinoměr EXT, kapacitní sonda	Ano	Ne	Ano	Ano
Car Data Systém	Ne	Sonda LMK 385	Ne	Ne	Ne	Ano
Systém Ramon communication	Průtokoměr EDM 1404	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne

Tab. 4.1: Porovnání systémů zabývajících se sledováním PHM.

Systémy měření	Systém Truck Data Memory	Systém Echo Track	Systém Fuel Track	Car Data Systém	Systém Ramon communication
Sledování spotřeby paliva	Reléový hladinoměr TR	Magneticky spínací plovák AURIS	Magneticky spínací tyčový hladinoměr EXT	Sonda LMK 385	Průtokoměr EDM
Nejistota měření	$\pm 2\%$	0,5%	1-2%	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$

Tab. 4.2: Porovnání přesnosti měření spotřeby paliva jednotlivých systémů.

4.6 Výběr vhodné metody pro vybrané vozidlo

Při výběru vhodné metody sledování paliva musíme brát v úvahu, několik základních argumentů. Asi nejdůležitějším výběrem sledování paliva je, zda chceme měřit okamžitý průtok paliva vozidla, nebo stav polohy hladiny paliva v nádrži. Dalším podstatným argumentem je, zda si vystačíme s Off-line sledováním, nebo se nám vyplatí On-line sledování. Jestli spotřebu paliva můžeme ovlivnit technikou jízdy či nikoliv. Dále by nás také mělo zajímat, o jaký typ vozidla se jedná. Zda měření realizujeme např. pro nákladní automobily, motorové lokomotivy, stavební stroje či autobusy. Toto rozdělení je důležité, abychom věděli, jak se vozidlo pohybuje a podle toho se zvolilo zařízení, které bude pro zákazníka nejvíce vyhovující.

On-line sledování je výhodné pro vozidla, které jezdí dálkovou a mezinárodní dopravu. Informace o poloze, stavu paliva, případně dalších sledovaných provozních údajích jsou automaticky přenášeny pomocí systémů GSM nebo GPRS v reálném čase k dalšímu vyhodnocení do dispečerského pracoviště. Dispečer má pak přesné informace o poloze vozidla a stavu hladiny v nádrži, případně jiných funkcí v nastavení sledovatelnosti. Dispečer potom může reagovat na případné problémy vozidla. On-line systém nám pomáhá také s vytížeností vozidel, určením nejlepší trasy jízdy při dopravní zácpě či havárii. Tím můžeme uspořit podstatné množství paliva i čas.

Off-line sledování je uskutečňováno pomocí přenosu dat z paměťové karty, na které se ukládají všechny potřebné informace o vozidle. Tento systém se využívá u vozidel, kde nepožadujeme sledované informace ihned k náhledu a vystačíme si s pozdějším zdokumentováním naměřených parametrů.

Návrh měření spotřeby paliva pro vozový park pivovaru Litovel.

V současné době pivovar Litovel disponuje 8 vlastními vozidly k přepravě piva. Typy vozidel spolu s dalšími informacemi jsou uvedeny v tabulce 4.3.

Vozidlo	Počet ujetých [Km]	Množství PHM [l]	Cena [Kč]
MB 815	36 607	6 492	139 862,-
MB 816	41 947	7 555	166 969,-
DAF 55	31 095	6 883	148 758,-
IVECO EUROCARGO	38 466	9 387	201 827,-
MB 1218	34 664	7 756	166 428,-
MB 1218	32 550	7 430	163 239,-
MB 1218	33 501	7 500	163 518,-
MB 1218	37 225	7 698	169 556,-

Tab. 4.3: Informace o vozovém parku pivovaru Litovel za období 1–12 / 2009[21].

V případě výběru vhodného sledování paliva pro vozový park pivovaru Litovel, při porovnání všech možností měření paliva (viz. tabulka 4.1), bych zvolil měření spotřeby paliva zařízením na nádrži vozidla. Pro toto řešení jsem se rozhodl, protože nejčastějším důvodem ztrátových nákladů na financování paliva v dnešní době, je úbytek paliva z nádrže vlivem odcizení. Z výběru možnosti sledování pomocí stávajícího, nebo přídavného hladinoměru, bych zvolil přídavný, jelikož dosahuje větší přesnosti měření. S měřením pomocí systému CAN-BUS/FMS neuvažuji, v závislosti na stáří jednotlivých vozidel a neumožněné přesnosti měření.

Nejlepším řešením by bylo, jak měřit hladinu, tak i sledovat aktuální spotřebu průtokoměrem. Tímto měřením bychom získali jak přesné informace o stavu paliva v nádrži, tak i o způsobu jízdy jednotlivých řidičů. Pořízení obou systémů by však bylo příliš nákladné.

Při sledování přenosu způsobu dat bych zvolil on-line variantu, při které má dispečer přesné informace o vozidlech v reálném čase, ale i z důvodu možného rozšíření vozového parku v blízké době.

Při samotném výběru přídavného hladinoměru, ze společností, které jsem uvedl v kapitole 4.4, používajících tento typ měření jsem se rozhodl pro systém společnosti CDS. Společnost CDS měří hladinu paliva v nádrži pomocí *Sondy LMK 385* (viz. kapitola 4.4.4). Pro tuto sondu jsem se rozhodl, protože byla navržena speciálně pro měření výšky hladiny u nákladních automobilů, a také proto, že dosahuje velmi dobré přesnosti měření a má nízkou teplotní chybu. Sonda pracuje na hydrostatickém (tlakovém) principu. Sonda snímá hydrostatický tlak paliva v nádrži kapacitním keramickým senzorem s čelním tlakovým snímačem. Snímání tlaku probíhá kontinuálně v čase, poskytuje tedy velice přesné informace o každé změně stavu paliva v nádrži. To je výhoda oproti ostatním společnostem používajících magneticky spínacích snímačů (reléový hladinoměr). Tyto snímače snímají hladinu paliva v nádrži po skocích (omezený počet sepnutí na daném rozsahu výšky hladinoměru) a podávají tedy méně přesné informace o změně stavu paliva v nádrži. Mechanický princip těchto snímačů snižuje také jejich životnost. Pohybující se části snímače (prstencový plovák, atd.) způsobují mechanické opotřebení (poškození) snímače, což má za následek rapidní omezení životnosti.

5 Technické a ekonomické hodnocení navrženého řešení.

Cena jednoho systému CDS měření paliva s GPS/GPRS je 31.200 Kč. (v ceně je zahrnuta vozidlová ústředna, snímač paliva do nádrže, anténa GPS/GPRS). Celkové náklady pro dopravní firmu pivovaru Litovel disponující 8 vozidly pak stojí 249 600 Kč.

Musíme také počítat s instalací zařízení, za kterou si CDS účtuje 490 Kč/hod přičemž se počítá každá započatá hodina práce. Dále je počítáno s poplatkem 9 Kč/km jízdy, který si firma účtuje za vlastní dopravu – Karviná. Obvyklá časová náročnost na instalaci zařízení jednoho vozidla se pohybuje okolo 4 hodin. Měsíční náklady na provoz činí 349 Kč/vozidlo. V ceně je započteno neomezené množství přenesených dat a používání internetové aplikace CDS Google Maps.

Instalace se provádí dle zvoleného harmonogramu na zákazníkem určeném místě (možno přímo u něj ve firmě). Instalace se provádí běžně o víkendech a svátcích, kdy nejsou vozidla v provozu podle požadavků zákazníka.

Úsporu nákladů nelze jednoznačně určit, protože neznáme průměrné spotřeby a měsíčně ujeté kilometry daných vozidel, ani systém evidence jízd atd. Z praxe však lze obecně říci, že systém je schopen ušetřit cca. 15 % na provoz vozového parku (usnadnění administrativy, náklady na spotřebu paliva pod kontrolou, jízdní styl řidičů pod kontrolou, odpadají černé jízdy, nárok na slevu na havarijním pojistném 10 - 20%). Návratnost celého zařízení se dá počítat v horizontu 1 - 2 let[20].

6 Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval analýzou současných metod měření spotřeby paliva vozidel se vznětovými motory. Produkci systémů k měření spotřeby paliva se zabývá několik společností. Většina z nich se orientuje na měření spotřeby paliva zařízením instalovaným do nádrže vozidla. Tato metoda podává nejpřesnější informace o stavu paliva v nádrži. V nabídce firem lze však najít i dvoukomorové průtokoměry, které lze použít pro měření průtoku paliva v palivovém okruhu motorových vozů. Firmy umožňují i měření bez zásahu do palivové soustavy vozidla a to měřením na stávajícím plováku, nebo pomocí systémové sběrnice CAN-BUS/FMS. Téměř všechny uváděné přístroje na měření spotřeby paliva jsou doplněny i dalšími funkcemi, měřením rychlosti vozidla, systémem GPS, GSM nebo GPRS.

Při výběru vhodné metody sledování spotřeby paliva (vozový park pivovaru Litovel a.s.) jsem se z uvedených způsobů měření rozhodl pro měření na nádrži s přídavným hladinoměrem. Pro tento způsob měření jsem se rozhodl nejen proto, že podává nejpřesnější informace o stavu paliva v nádrži, ale také proto, že dokáže informovat o odcizení paliva z nádrže. Odcizení paliva je nejčastějším důvodem ztrátových nákladů v dnešní době. Ze společností zabývajících se touto problematikou jsem se rozhodl pro společnost Car Data Systém, která ke sledování spotřeby paliva využívá sondu *LMK 385*. Sonda pracuje na hydrostatickém (tlakovém) principu. Dosahuje vysoké přesnosti měření $\pm 1\%$ s nízkou teplotní chybou.

Cena jednoho systému CDS měření paliva s GPS/GPRS je 31.200 Kč. (v ceně je zahrnuta vozidlová ústředna, snímač paliva do nádrže, anténa GPS/GPRS). Celkové náklady pro dopravní firmu pivovaru Litovel disponující 8 vozidly pak stojí 249 600 Kč. Úsporu nákladů nelze jednoznačně určit, z praxe však lze obecně říci, že systém je schopen ušetřit cca. 15 % na provoz vozového parku.

7 Seznam literatury

- [1] MATĚJKA, Rostislav. *Vozidla silniční dopravy 1*. Vyd.2. Bratislava: ALFA, vydavatelstvo technické a ekonomické literatury, 1990. 224 s. ISBN 80-05-00-392-7.
- [2] Kadlec K.: *Snímače polohy hladiny - principy, vlastnosti a použití (část 1)*. AUTOMA 11, 5, 5 10, (2005)
- [3] Kadlec K.: *Snímače polohy hladiny - principy, vlastnosti a použití (část 2)*. AUTOMA 11, 6, 28 32, (2005)
- [4] NĚMEČEK, Pavel. *Nejistoty měření*. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008. 98 s. ISBN 978-80-02-02089-9.
- [5] Chyby a nejistoty měření: Sborník ze semináře s mezinárodní účastí, Lektor sborníku: Doc. Ing. Zdeněk Sládek CSc. In. Brno: České učení technické v Brně, 1999. s. 52. ISBN 80-214-1427-8.
- [6] ĎAĎO, Stanislav; BEJČEK, Ludvík; PLATIL, Antonín. *Měření průtoku a výšky hladiny*. Vyd.1. Praha: BEN-technická literatura, Praha 2005. 447 s. ISBN 80-7300-156-X.
- [7] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Automobily Příslušenství 4*. Brno: Avid s.r.o. Brno, 2003. 305 s.
- [8] PEXA, Martin. *Možnosti uplatnění dynamických měření při diagnostice motorových vozidel*. Praha, 2005. 35 s. *Dizertační práce. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE*.
- [9] HAVLÍČEK, J.: *Provozní spolehlivost strojů*. Vydalo Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1989. ISBN 80-209-0029-2

Internetové zdroje:

- [10] <http://www.cdscz.cz/> (15.5.2010).
- [11] <http://www.axitech.cz/> (28.4.2010).
- [12] <http://www.fleeteye.eu/cz/> (12.5.2010).
- [13] <http://sledovanipaliva.cz/> (13.5.2010).
- [14] <http://www.echotrack.cz/> (13.5.2010).
- [15] <http://www.ramon.cz/> (09.5.2010).
- [16] <http://www.mereniphm.cz/> (13.5.2010).
- [17] <http://news.auto.cz/technika/mereni-spotreby-paliva-vcera-a-dnes.html> (22.4.2010).
- [18] <http://www.webdispecink.cz/> (24.4.2010).
- [19] <http://www.aquametro.com> (23.4.2010).

Ostatní:

- [20] Interní podklady poskytnuté firmou CDS
- [21] Interní podklady poskytnuté pivovarem Litovel a.s.
- [22] Podklady Institutu dopravy: (J. Neugebauer – Nejistoty měření)

8 Seznam příloh

Příloha P1: Porovnání skutečného a dokladovaného tankování

Příloha P2: Kniha jízd

Příloha P3: Porovnání tankování u 1 vozidla

Příloha P4: Podmínky montáže společnosti Fueltrack

Příloha P5: Denní přehled jízd 1 vozidla

KOREDO spol. s r.o.
Gromešova 34
621 00 Brno

Porovnání skutečného a dokladovaného tankování

V období od: 1. únor 2004

do: 29. únor 2004

SPZ, číslo a popis vozidla			Namerené tankování	Dokladované tankování	Rozdíl	
1B0 8143	13 226	TATRA MIX	707,02	723,00	-15,98	-2,2 %
BSC 8808	12 925	IVECO MIX	389,62	395,00	-5,38	-1,4 %
BSD 0077	12 685	IVECO MIX*	243,03	240,00	3,03	1,3 %
1B5 2421	15 532	IVECO*	2 673,16	2 650,00	23,16	0,9 %
2B1 3350	12 043	IVECO*	963,33	950,00	13,33	1,4 %
2B1 6792	14 860	MB tahac*	1 946,68	1 940,00	6,68	0,3 %
BSD 37-40	13 443	IVECO tahac	1 278,27	1 300,00	-21,73	-1,7 %
BSD 43-17	12 100	IVECO tahac	2 012,77	2 050,00	-37,23	-1,8 %
BSH 15-12	13 201	IVECO tahac*	2 185,00	2 182,00	3,00	0,1 %

Obr. P1: Porovnání skutečného a dokladovaného tankování [10].

DP Ostrava a.s.
Podebradova 494/2
701 71 Ostrava

Kniha jízd vozidla SPZ: OVC 13-95

V období od: 1. brezen 2004

do: 31. brezen 2004

Datum	Čas jízdy	Doba jízdy	Ujeté km	Účel	Trasa
1.3.2004	10:27 - 11:02	0:35	21,9	služební jízda	
	11:24 - 11:33	0:09	6,1	služební jízda	Hrušov [CZ] - Kuncice [CZ]
	12:35 - 13:05	0:30	20,4	služební jízda	Kuncice [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
2.3.2004	06:47 - 06:50	0:03	0,3	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
	09:35 - 10:49	1:14	39,9	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Hlucin [CZ]
	11:33 - 11:44	0:11	4,4	služební jízda	Hlucin [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
3.3.2004	09:42 - 09:57	0:15	9,8	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Ostrava 7 [CZ]
	10:59 - 11:35	0:36	14,8	služební jízda	Ostrava 7 [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
4.3.2004	10:10 - 10:19	0:09	4,2	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Dehylov [CZ]
	11:05 - 12:22	1:17	34,0	služební jízda	Dehylov [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
5.3.2004	08:24 - 09:22	0:58	35,7	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Karviná [CZ]
	11:06 - 11:35	0:29	23,7	služební jízda	Karviná [CZ] - Hrušov [CZ]
	12:23 - 12:49	0:26	10,0	služební jízda	Hrušov [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
8.3.2004	12:38 - 13:48	1:10	35,0	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
9.3.2004	07:52 - 11:53	4:01	302,4	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Loket [CZ]
	12:26 - 14:58	2:32	203,9	služební jízda	Loket [CZ] - Bor [CZ]
	16:05 - 16:07	0:02	0,2	služební jízda	Bor [CZ] - neurceno
10.3.2004	07:45 - 11:38	3:53	276,0	služební jízda	neurceno - Kozlov [CZ]
	11:57 - 15:16	3:19	247,0	služební jízda	Kozlov [CZ] - Poruba [CZ]
11.3.2004	10:12 - 10:18	0:06	4,1	služební jízda	Poruba [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
	10:38 - 11:49	1:11	25,8	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
12.3.2004	08:37 - 09:49	1:12	39,4	služební jízda	Ostrava - Svinov [CZ] - Karviná - Fryštát [CZ]
	12:37 - 13:12	0:35	32,4	služební jízda	Karviná - Fryštát [CZ] - Ostrava - Svinov [CZ]
OVC 13-95	Citroen Jumper		1 391,4	Počet jízd: 23	

Obr. P2: Kniha jízd [10].

Datum	Namerené tankování	Dokladované tankování	Rozdíl	
6.2.2004	334,04	335,00	-0,96	-0,3 %
11.2.2004	369,21	365,00	4,21	1,2 %
12.2.2004	105,48	100,00	5,48	5,5 %
16.2.2004	538,03	540,00	-1,97	-0,4 %
19.2.2004	462,13	460,00	2,13	0,5 %
20.2.2004	173,30	170,00	3,30	1,9 %
25.2.2004	394,60	390,00	4,60	1,2 %
27.2.2004	296,37	290,00	6,37	2,2 %
1B5 2421	15 532 IVECO*	2 673,16	2 650,00	23,16 0,9 %

Obr. P3: Porovnání tankování u 1 vozidla [10].

PŘIPRAVENOST ZÁKAZNÍKA K MONTÁŽI SYSTÉMU SLEDOVÁNÍ PHM FUELTRACK

Zákazník (odběratel) je povinnen zajistit k montáži výše uvedeného systému následující:

- 1, Sdělit nejpozději 48h před instalací montážnímu servisu místo a čas montáže.
- 2, Přistavit vozidlo, nebo stroj včas na sjednanou hodinu.
- 3, Zajistit minimum paliva v nádrži (maximálně 10% objemu nádrže).
- 4, Vozidlo, nebo stroj musí být pojízdné a plně funkční.
- 5, V případě instalace na stávající hladinoměr musí být tento plně funkční.
- 6, Zajistit nádobu na odčerpání zbytku paliva z nádrže s dostatečným objemem.
- 7, Zajistit cejchovaný tankovací stojan pro kalibraci nádrže po instalaci s dostatkem paliva k naplnění celého objemu nádrže instalovaného vozidla, nebo stroje, v maximální vzdálenosti 5km od místa montáže.
- 8, Zajistit přítomnost odpovědné osoby s oprávněním na obsluhu daného vozidla nebo stroje.
- 9, Zajistit montážnímu servisu vhodné podmínky pro instalaci vzhledem k aktuálnímu počasí, pokud se instalace realizuje mimo sídlo montážního servisu (vytápěná hala), popřípadě předem informovat, jaké vybavení je k dispozici.

V případě nedodržení těchto bodů bude účtován poplatek za prostoje ve výši 500Kč bez DPH za každou i započatou hodinu, kdy budou tyto podmínky nesplněny. V případě, že si zákazník nezajistí nádobu na odčerpání zbylého paliva, bude mu poskytnut kanistr s objemem 20L v ceně 210Kč bez DPH za kus.

Obr. P4: Podmínky montáže společnosti Fueltrack [13].

Datum	zacátek a konec smeny	Ujeté km	Prum. spotreba	Tankování	Max. rychlost	Motor napr.	Moto hodiny
1.3.2004	00:01 - 09:26	339,7	37,29		92	60	0
3.3.2004	06:35 - 15:48	434,0	39,30	516,52	94	82	0
4.3.2004	08:11 - 17:28	423,3	36,84		92	67	0
5.3.2004	06:30 - 13:30	186,8	44,35		88	47	0
8.3.2004	11:46 - 16:09	48,0	55,83		88	96	0
9.3.2004	13:44 - 14:00	0,1			2	12	0
10.3.2004	07:17 - 15:53	179,3	46,20		88	123	0
11.3.2004	22:28 - 23:59	79,5	27,57	338,66	88	8	0
12.3.2004	00:00 - 16:15	358,2	39,45		96	82	0
15.3.2004	06:54 - 18:18	403,4	35,63		92	85	0
16.3.2004	06:58 - 23:59	680,9	39,36	370,34	98	152	0
17.3.2004	00:00 - 23:59	913,5	33,34	253,39	93	123	0
18.3.2004	00:00 - 20:30	615,8	39,56	494,58	93	74	0
19.3.2004	09:42 - 15:07	213,4	46,81		89	55	0
21.3.2004	22:29 - 23:59	4,2	232,14		60	62	0
22.3.2004	00:00 - 23:59	738,7	37,60	348,40	93	239	0
23.3.2004	00:00 - 23:59	479,8	39,61		94	141	0
24.3.2004	00:00 - 20:33	874,1	40,97	428,81	94	156	0
25.3.2004	06:33 - 23:59	518,0	41,86	202,22	93	183	0
26.3.2004	00:33 - 16:28	535,5	40,95		93	64	0
29.3.2004	07:03 - 16:51	410,8	36,77	397,14	92	43	0
30.3.2004	05:02 - 23:59	770,1	34,80		92	150	0
31.3.2004	00:00 - 21:17	885,2	38,26	453,17	96	250	0
2B1 6792	<i>MB tahac*</i>	10 092,3	38,63	3 803,23	98	2354	0

Obr. P5: Denní přehled jízd 1 vozidla [10].